

การพัฒนาตัวแบบการจัดสรรตำแหน่งของหน่วยการแพทย์ฉุกเฉิน  
เพื่อลดระยะเวลาการเข้าถึงจุดเกิดเหตุ  
กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา



นายวโรต อินทศิริพงษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2557

**THE DEVELOPMENT OF AN EMS FACILITY LOCATION  
MODEL TO MINIMIZE RESPONSE TIME : A CASE  
STUDY OF NAKHON RATCHASIMA ROVINCE**

**Waroros Intarasiripong**



**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the  
Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering  
Suranaree University of Technology  
Academic Year 2014**

การพัฒนาตัวแบบการจัดสรรตำแหน่งของหน่วยการแพทย์ฉุกเฉิน  
เพื่อลดระยะเวลาการเข้าถึงจุดเกิดเหตุ กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

\_\_\_\_\_  
(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)

ประธานกรรมการ

\_\_\_\_\_  
(ผศ. ดร.พงษ์ชัย จิตตะมัย)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

\_\_\_\_\_  
(ผศ. ดร.ปภากร พิทยชาวล)

กรรมการ

\_\_\_\_\_  
(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรมการ

\_\_\_\_\_  
(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

วโรต อิศริพิภย์ : การพัฒนาตัวแบบการจัดสรรตำแหน่งของหน่วยการแพทย์  
ฉุกเฉินเพื่อลดระยะเวลาการเข้าถึงจุดเกิดเหตุ กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา  
(THE DEVELOPMENT OF AN EMS FACILITY LOCATION MODEL TO  
MINIMIZE RESPONSE TIME : A CASE STUDY OF NAKHON RATCHASIMA  
PROVINCE) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ชัย จิตตะมัย, 94 หน้า.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเก็บข้อมูลจากการแพทย์ฉุกเฉินในปัจจุบันเพื่อพัฒนาตัวแบบการจัดสรรตำแหน่งชุดปฏิบัติการฉุกเฉินเพื่อเพิ่มจำนวนผู้ป่วยฉุกเฉินที่ได้รับการบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินจาก ALS (Advance Life Support Unit หรือ ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินระดับสูง) ภายในระยะเวลาตอบสนอง 8 นาทีให้ได้มากที่สุด โดยมีแนวทางการปรับปรุงการปฏิบัติการฉุกเฉินในจังหวัดนครราชสีมา 2 แนวทางคือ (1) การยกระดับที่ตั้ง BLS (Basic Life Support Unit หรือชุดปฏิบัติการฉุกเฉินระดับต้นหรือระดับพื้นฐาน) หรือ FR (First Responder Unit หรือ ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินเบื้องต้น) เพื่อเป็น ALS จากตัวแบบยกระดับ และ (2) การใช้ BLS หรือ FR ไปรับผู้ป่วยฉุกเฉินแล้วส่งต่อไปกับ ALS จากตัวแบบส่งต่อ โดยทั้งตัวแบบมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้ป่วยฉุกเฉินนี้เข้าถึงบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงจาก ALS ได้ทันระยะเวลาตอบสนองใน 8 นาทีให้ได้มากที่สุด

ผลจากการศึกษาและสร้างตัวแบบเพื่อจัดสรรตำแหน่งชุดปฏิบัติการฉุกเฉินดังกล่าวพบว่าหากยังไม่มีการปรับปรุง จำนวนเหตุฉุกเฉินที่ครอบคลุมโดยชุดปฏิบัติการระดับ ALS มีทั้งสิ้น 62.09% และเมื่อได้ใช้ตัวแบบยกระดับทำการยกระดับที่ตั้ง BLS หรือ FR ให้เป็น ALS จำนวนเหตุฉุกเฉินที่จะได้รับการบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงจาก ALS ภายในระยะเวลาตอบสนอง 8 นาทีเพิ่มเป็น 100% และหากใช้ตัวแบบการส่งต่อเพื่อส่งต่อผู้ป่วยจาก BLS หรือ FR ให้กับ ALS แล้วจำนวนเหตุฉุกเฉินที่จะได้รับการบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงจาก ALS นี้เพิ่มขึ้นเป็น 89.61%



THE DEVELOPMENT OF AN EMS FACILITY LOCATION MODEL TO  
MINIMIZE RESPONSE TIME : A CASE STUDY OF NAKHON RATCHASIMA  
PROVINCE. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. PHONGCHAI JITTAMAI,  
Ph.D., 94 PP.

EMERGENCY MEDICAL SERVICES (EMSS)/SUBSEQUENT  
SUBMISSION/LOCATION PROBLEM/RESPONSE TIME;

This research is intended to study and collect emergency data for allocating the emergency life support units to increase the number of emergency patients treated by Advance Life Support Unit (ALS) within eight-minute response time. A case study of Nakhon Ratchasima Province is selected in this research. The mathematical model is proposed to solve the facility location problem. Two possible solutions are recommended to improve the emergency care service, (1) Upgrading vehicle facility from the Basic Life Support Unit (BLS) or the First Responder Unit (FR) to ALS in order to handle more emergency patients, and (2) Using emergency transportation transfer system by assigning nearest BLS or FR to reach patients first and then transfer the patients to ALS along the route to receive appropriate care using subsequent submission mathematical model.

The results show that the proposed model has increased the coverage percentage of patients from 62.09% to 100% for upgrading the emergency vehicle facility, and to 89.61% by using subsequent submission mathematical model.

School of Industrial Engineering

Academic Year 2014

Student's Signature \_\_\_\_\_

Advisor's Signature \_\_\_\_\_

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ชัย จิตตะมัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้โอกาสทางการศึกษา แนะนำด้วยความดูแลเอาใจใส่ ชี้แนะแนวทางการศึกษา ตลอดจนให้คำปรึกษาในการทำวิจัย จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จขึ้นมา ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ในโอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา ที่ได้ให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยเล่มนี้

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้โอกาสในการศึกษา

ขอขอบพระคุณ พี่จาร์พงษ์ บรรเทา ที่ให้คำปรึกษาที่ดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณ น้อง อธิพันธ์ กังวานสุระ วิจัย บุญญานุสิทธิ์ ณัฐดนัย จันทวงศ์ และ นवलพันธ์ บุราณศรี ที่ให้คำปรึกษาและช่วยรวบรวมข้อมูล

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ที่ได้ให้ความรัก เลี้ยงดูมาอย่างดี น้องชายที่คอยดูแลพ่อแม่ เพื่อนฝูงที่ให้ความช่วยเหลือมาตลอด หากไม่ได้เอ่ยชื่อ หรือตกหล่นท่านใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

วโรตส อินทศิริพงษ์

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) .....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) .....	ข
กิตติกรรมประกาศ .....	ค
สารบัญ .....	ง
สารบัญตาราง .....	ฉ
สารบัญรูป .....	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ .....	ณ
<b>บทที่</b>	
<b>1 บทนำ .....</b>	<b>1</b>
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	15
1.3 ขอบเขตของการวิจัย .....	15
1.4 สมมติฐาน .....	16
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	16
<b>2 ปรัชญ์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....</b>	<b>17</b>
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....	17
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	22
<b>3 วิธีดำเนินการวิจัย .....</b>	<b>28</b>
3.1 รวบรวมข้อมูลและคัดกรองข้อมูลการให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉิน .....	28
3.2 แบ่งพื้นที่อำเภอเมืองนครราชสีมาออกเป็นตาราง (grid) และบันทึกข้อมูลการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉิน .....	29
3.3 สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อเพิ่มการเข้าถึงบริการ ทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูง .....	35
3.3.1 ตัวแบบขกระดืบ .....	36

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.2	ตัวแบบส่งต่อ .....	40
<b>4</b>	<b>ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล .....</b>	<b>47</b>
4.1	ผลการวิจัย .....	47
4.2	การวิเคราะห์ผล .....	58
<b>5</b>	<b>สรุปและข้อเสนอแนะ .....</b>	<b>62</b>
5.1	สรุปผลการวิจัย .....	62
5.2	ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป .....	62
รายการอ้างอิง .....		64
ภาคผนวก		
ภาคผนวก ก. จำนวนการเกิดเหตุฉุกเฉินและความหนาแน่นประชากร .....		66
ภาคผนวก ข. ข้อมูลประชากรอำเภอเมืองนครราชสีมา .....		73
ภาคผนวก ค. โปรแกรม LINGO ที่ใช้ในการคำนวณ .....		77
ภาคผนวก ง. รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ .....		80
ประวัติผู้เขียน .....		94

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	สรุปปัญหา FLP .....21
4.1	ผลลัพธ์การทดสอบตัวแบบยกระดับ .....52
4.2	ผลลัพธ์จากการทดสอบด้วยตัวแบบการส่งต่อผู้ป่วย .....56
4.3	ผลลัพธ์การทดสอบตัวแบบยกระดับโดยพิจารณาจำนวนประชากร .....59
4.4	ผลลัพธ์การทดสอบตัวแบบส่งต่อโดยพิจารณาจำนวนประชากร .....60



## สารบัญรูป

### รูปที่

### หน้า

1.1	ขั้นตอนของระบบการแพทย์ฉุกเฉินในประเทศไทย .....	3
1.2	ระยะเวลาของการปฏิบัติการการแพทย์ฉุกเฉิน .....	3
1.3	จำนวนการเกิดเหตุฉุกเฉินระดับต่าง ๆ .....	8
1.4	เปอร์เซ็นต์ของผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตรายจังหวัดที่ได้รับปฏิบัติการฉุกเฉินภายใน 8 นาที .....	9
1.5	ผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตที่ได้รับปฏิบัติการฉุกเฉินภายใน 8 นาทีตามเกณฑ์ประเมิน .....	10
1.6	เปอร์เซ็นต์ของผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตและผู้ป่วยฉุกเฉินเร่งด่วน ที่ได้รับปฏิบัติการฉุกเฉินภายในเวลา 10 นาที .....	12
1.7	ผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตและผู้ป่วยฉุกเฉินเร่งด่วน ที่ได้รับปฏิบัติการฉุกเฉินภายใน 10 นาทีตามเกณฑ์ประเมิน .....	13
1.8	ความสอดคล้องของชุดปฏิบัติการฉุกเฉินกับระดับความรุนแรงของผู้ป่วยฉุกเฉิน .....	14
3.1	แผนที่จังหวัดนครราชสีมา .....	29
3.2	การแบ่งพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมาออกเป็นตาราง .....	30
3.3	ลักษณะการเกิดเหตุฉุกเฉิน .....	30
3.4	จำนวนการเกิดเหตุฉุกเฉิน (ครั้ง) .....	31
3.5	ความหนาแน่นของประชากรเฉลี่ยในแต่ละตำบล (คนต่อตารางกิโลเมตร) .....	32
3.6	ตำแหน่งของ ALS .....	32
3.7	ตำแหน่งของ BLS และ FR .....	33
3.8	ระยะทางและระยะเวลาจากชุดปฏิบัติการฉุกเฉินไปยังจุดเกิดเหตุ .....	39
3.9	การใช้โปรแกรมสำเร็จรูป EXCEL คำนวณระยะทางและระยะเวลา ระหว่าง ALS BLS และ FR กับจุดเกิดฉุกเฉินต่างๆ .....	40
3.10	แนวคิดตัวแบบการส่งต่อ .....	41
4.1	การใช้โปรแกรมสำเร็จรูป LINGO คำนวณหาจำนวนการครอบคลุมเหตุฉุกเฉิน จากตัวแบบยกระดับ .....	47

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.2 ผลลัพธ์การครอบคลุมจำนวนการเกิดเหตุฉุกเฉินก่อนการปรับปรุง ด้วยตัวแบบยกระดับจากโปรแกรม LINGO .....	48
4.3 ภาพแสดงผลลัพธ์การครอบคลุมจำนวนการเกิดเหตุฉุกเฉินก่อนการปรับปรุง .....	49
4.4 การยกระดับ BLS หรือ FR 1 แห่งเป็น ALS ด้วยโปรแกรม LINGO .....	50
4.5 ผลลัพธ์ตัวแบบยกระดับ BLS หรือ FR เป็น ALS เพิ่มอีก 1 แห่ง ด้วยโปรแกรม LINGO .....	50
4.6 ภาพแสดงผลการยกระดับองค์การบริหารส่วนตำบลกระทนาคเป็น ALS .....	51
4.7 ภาพแสดงผลลัพธ์การครอบคลุมจำนวนเหตุฉุกเฉินด้วยตัวแบบยกระดับ .....	53
4.8 กราฟแสดงการเพิ่มขึ้นของการครอบคลุมการเกิดเหตุฉุกเฉินจากตัวแบบยกระดับ .....	54
4.9 การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปหาจำนวนการครอบคลุมเหตุฉุกเฉินจากตัวแบบส่งต่อ .....	54
4.10 ผลลัพธ์การครอบคลุมจำนวนเหตุฉุกเฉินจากการตัวแบบการส่งต่อ โดยไม่ได้เพิ่ม BLS หรือ FR .....	55
4.11 การเพิ่มค่าของ $p$ (จำนวนที่ตั้ง BLS หรือ FR เพื่อส่งต่อผู้ป่วย) .....	55
4.12 ผลการทดสอบตัวแบบส่งต่อโดยเพิ่ม BLS หรือ FR 1 แห่ง .....	56
4.13 ภาพแสดงผลลัพธ์การครอบคลุมจำนวนเหตุฉุกเฉินด้วยตัวแบบส่งต่อ .....	57
4.14 กราฟแสดงการเพิ่มขึ้นของการครอบคลุมการเกิดเหตุฉุกเฉินจากการส่งต่อ .....	58

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

กม.	=	กิโลเมตร
รพ.	=	โรงพยาบาล
รพ.สต.	=	โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล
สพฉ.	=	สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ
อบต.	=	องค์การบริหารส่วนตำบล
ALS	=	Advance Life Support Unit (ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินระดับสูง)
BLS	=	Basic Life Support Unit (ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินระดับต้นหรือระดับพื้นฐาน)
FR	=	First Responder Unit (ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินเบื้องต้น)
ILS	=	Intermediate Life Support Unit (ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินระดับกลาง)





# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การเจ็บป่วยฉุกเฉินนั้นเกิดขึ้นได้ไม่เลือกเวลา ไม่เลือกสถานที่ การเตรียมรับมือกับสถานการณ์จึงเป็นสิ่งสำคัญ ทั้งนี้พบว่าเวลาเฉลี่ยตั้งแต่รับแจ้งเหตุจนถึงชุดปฏิบัติการฉุกเฉินถึงตัวผู้ประสบเหตุ (Response time) ของการแพทย์ฉุกเฉินนั้น ALS (ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินระดับสูง) ใช้เวลาถึง 12 นาทีและ BLS (ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินระดับต้น) ใช้เวลา 9 นาที ขณะที่เวลามาตรฐานกำหนดไว้เป็นเป้าหมายอยู่ที่ 8 นาที (สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ, 2554) ซึ่งความล่าช้าเหล่านี้ อาจส่งผลให้อาการของผู้เจ็บป่วยทวีความรุนแรงมากขึ้นถึงขั้นพิการหรือเสียชีวิตได้ ดังนั้นหากทีมช่วยเหลือเข้าถึงผู้ประสบเหตุได้รวดเร็ว โอกาสที่จะช่วยบรรเทาความรุนแรงของผู้ประสบเหตุก็จะมีมากขึ้น

ระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน (Emergency Medical Service System) หมายถึง การจัดให้มีการให้บริการรักษาพยาบาลฉุกเฉินที่มีความรวดเร็ว โดยนำเอาทรัพยากรต่าง ๆ ในพื้นที่หนึ่ง ๆ ที่มีอยู่มาพัฒนาเพื่อให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉินมีความรวดเร็ว ทันทั่วถึงและมีประสิทธิภาพ ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ประกอบด้วย การจัดให้มีการประชาสัมพันธ์ มีระบบการรับแจ้งเหตุและสั่งการ มีหน่วยปฏิบัติการที่มีคุณภาพและเหมาะสมต่อพื้นที่บริการ มีการให้การดูแลผู้เจ็บป่วย ณ ที่เกิดเหตุ มีการให้การดูแลผู้เจ็บป่วยในระหว่างนำส่ง และมีการนำส่งยังโรงพยาบาลที่เหมาะสม (กัญญา วังศรี, 2556)

ปัจจุบันหน่วยงานที่ดูแลเกี่ยวกับการแพทย์ฉุกเฉินคือ สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ (สพฉ.) ซึ่งเป็นสถาบันที่จัดตั้งขึ้นตามพระราชบัญญัติการแพทย์ฉุกเฉินปี พ.ศ.2551 เพื่อเป็นองค์กรที่รับผิดชอบต่อการบริหารจัดการ การประสานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน รวมถึงการส่งเสริมให้การปกครองส่วนท้องถิ่นให้เข้ามามีบทบาทในการบริหารจัดการบริการทางการแพทย์ฉุกเฉิน จุดหมายหลักเพื่อให้ประชาชนได้รับบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินได้รวดเร็วเหมาะสม และเท่าเทียมกันทั้งในภาวะปกติหรือมีภัยพิบัติ

ระบบการแพทย์ฉุกเฉินในประเทศไทยเริ่มต้นจากมูลนิธิอัสสัมชัญเด็กเซี่ยงตึ้ง (มูลนิธิปอเต็กตึ้งในปัจจุบัน) ได้เริ่มให้บริการขนส่งศพไร้ญาติใน พ.ศ.2480 ซึ่งต่อมาได้ขยายขอบเขตการให้

บริการเพิ่มขึ้นคือให้บริการผู้ป่วยและผู้บาดเจ็บฉุกเฉินเช่นเดียวกับใน พ.ศ.2513 ที่มูลนิธิร่วมกตัญญูได้เริ่มให้บริการในลักษณะเดียวกัน จึงเป็นจุดกำเนิดของระบบการแพทย์ฉุกเฉินที่บุคคลทั่วไปสามารถเข้าถึงบริการเหล่านี้ได้โดยไม่มีการเลือกปฏิบัติ หลังจากนั้นเองระบบการแพทย์ฉุกเฉินได้เริ่มพัฒนาขึ้นทั้งด้านเครื่องมือ บุคลากร และองค์กรที่รับผิดชอบ ซึ่งใน พ.ศ.2536 กระทรวงสาธารณสุขได้รับความช่วยเหลือทางเทคนิคจาก Japan International Cooperation Agency (JICA) ในการจัดตั้งศูนย์อุบัติเหตุ (Trauma Center) ณ โรงพยาบาลขอนแก่น ซึ่งครอบคลุมการให้บริการช่วยเหลือก่อนถึงโรงพยาบาล (pre-hospital care) ด้วย ต่อมา พ.ศ.2537 โรงพยาบาลวชิรพยาบาลได้เปิดให้บริการรถพยาบาลฉุกเฉินโดยใช้ชื่อว่า SMART (Surgico-Medical Ambulance and Rescue Team) ตามแผนป้องกันอุบัติภัยของกรุงเทพมหานคร และ พ.ศ.2538 กระทรวงสาธารณสุขได้เปิดตัวต้นแบบระบบรักษายาบาลก่อนถึงโรงพยาบาล ณ โรงพยาบาลราชวิถีในชื่อ “ศูนย์กู้ชีพเรนทร” ต่อมาโรงพยาบาลนพรัตนราชธานีและโรงพยาบาลเลิดสินได้เข้าร่วมเครือข่ายให้บริการด้วย จากนั้นกระทรวงสาธารณสุขจึงได้จัดตั้งสำนักงานระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินขึ้นเป็นหน่วยงานในสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุขและดำเนินการแพทย์ฉุกเฉินต่อมา

จากนั้นมาประเทศไทยมีการพัฒนาระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินเรื่อยมาจนครอบคลุมทั่วทุกจังหวัดทั่วประเทศ โดยติดต่อผ่านโทรศัพท์สายด่วนหมายเลข 1669 เพื่อให้ประชาชนสามารถจดจำได้ง่าย และสามารถเข้าถึงระบบการแพทย์ฉุกเฉินด้วยหมายเลขเดียวกันได้ทุกที่ ซึ่งหากมีการแจ้งเหตุฉุกเฉินเข้ามา ศูนย์รับแจ้งเหตุและสั่งการจะรับแจ้งเหตุ รับเรื่องและประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องด้วยระบบการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งศูนย์รับแจ้งเหตุและสั่งการนี้จะคัดแยกเหตุฉุกเฉินดังกล่าวตามระดับความรุนแรงของเหตุ เพื่อจัดสรรชุดปฏิบัติการฉุกเฉินให้เหมาะสมกับระดับความรุนแรงของเหตุนั้น เมื่อถึงพื้นที่เกิดเหตุฉุกเฉิน ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินจะทำการประเมินสภาพแวดล้อมเพื่อความปลอดภัยของทีมงานและผู้ป่วย ตลอดจนประเมินสภาพผู้ป่วยหรือผู้ประสบเหตุเพื่อให้การดูแลรักษาตามความเหมาะสม ซึ่งหากเกินกำลังที่จะช่วยเหลือขั้นตอนต่อไปจะเป็นการนำผู้ป่วยส่งต่อยังโรงพยาบาลที่เหมาะสมต่อไป จากกระบวนการดังกล่าว สามารถสรุปกระบวนการการแพทย์ฉุกเฉินของประเทศไทยได้ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ขั้นตอนของระบบการแพทย์ฉุกเฉินในประเทศไทย (สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ, 2554)

จากรูปที่ 1.1 เป็นขั้นตอนของระบบการแพทย์ฉุกเฉินซึ่งมีหลายขั้นตอน สามารถจำแนกช่วงเวลาขั้นตอนการปฏิบัติการแพทย์ฉุกเฉินออกเป็นช่วง ๆ ได้อย่างละเอียดดังนี้



รูปที่ 1.2 ระยะเวลาการปฏิบัติการการแพทย์ฉุกเฉิน (สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ, 2554)

จากรูปที่ 1.2 สามารถอธิบายระยะเวลาแต่ละช่วงได้ดังนี้

T0-T1 คือ ระยะเวลาที่ผู้พบเหตุฉุกเฉินตัดสินใจแจ้งเหตุไปที่ศูนย์รับแจ้งเหตุและสั่งการเพื่อขอความช่วยเหลือทางการแพทย์ฉุกเฉิน ซึ่งเวลาช่วงนี้ไม่สามารถระบุได้แน่นอน เพราะไม่สามารถทราบได้แน่ชัดว่าเมื่อใดที่ผู้พบเหตุจะทำการแจ้งเหตุหลังจากได้เกิดเหตุแล้วเป็นเวลานานเท่าใด

T1-T2 คือ ระยะเวลาที่ผู้พบเหตุโทรแจ้งเหตุทางโทรศัพท์จนถึงผู้รับแจ้งเหตุของศูนย์รับแจ้งเหตุและสั่งการรับสาย โดยปกติจะใช้เวลา 5-10 วินาที

T2-T3 คือ ระยะเวลาการรวบรวมข้อมูลของศูนย์รับแจ้งเหตุและสั่งการในการรับแจ้งเหตุจากผู้แจ้ง และทำการตัดสินใจในการสั่งการชุดปฏิบัติการฉุกเฉินที่เหมาะสมออกไปที่เกิดเหตุ ในช่วงนี้จะใช้เวลาประมาณ 15 วินาทีขึ้นไป ขึ้นอยู่กับรายละเอียดของการเกิดเหตุฉุกเฉินที่เกิดขึ้น

T3-T4 คือ ระยะเวลาตั้งแต่การสั่งการไปที่ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินจนถึงชุดปฏิบัติการฉุกเฉินเคลื่อนที่ออกจากที่ตั้ง ระยะเวลาส่วนใหญ่นี้ยังไม่มีมาตรฐานที่แน่นอน แต่ในหลาย ๆ หน่วยฉุกเฉินได้กำหนดให้ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินควรออกปฏิบัติการได้ภายใน 1 นาที

T4-T5 คือ ระยะเวลาตั้งแต่ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินเคลื่อนตัวออกจากที่ตั้งจนกระทั่งไปถึงจุดเกิดเหตุในแนวราบ ระยะเวลาช่วงนี้ขึ้นอยู่กับระยะทาง สภาพการจราจร หรือแม้กระทั่งพฤติกรรมของผู้ใช้รถใช้ถนนทั่วไปในการให้ทางกับรถฉุกเฉิน

T5-T6 คือ ระยะเวลาตั้งแต่ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินถึงที่เกิดเหตุถึงเจ้าหน้าที่ถึงตัวผู้ป่วย ระยะเวลาช่วงนี้จะแตกต่างกันไป หากเหตุฉุกเฉินเกิดขึ้นบนถนนเวลาเข้าถึงตัวผู้ป่วยก็จะน้อยกว่าในกรณีที่เกิดบนตึกสูง

T6-T7 คือ ระยะเวลาการรักษาพยาบาลในจุดเกิดเหตุ จะแตกต่างออกไปตามแต่ละเหตุการณ์ หากชุดปฏิบัติการฉุกเฉินเห็นว่าการปฐมพยาบาล ณ จุดเกิดเหตุมีผลดีมากกว่าจะนำส่งสถานพยาบาลจะใช้เวลาช่วงนี้มาก แต่หากประเมินแล้วต้องส่งสถานพยาบาลโดยเร่งด่วน การใช้เวลาส่วนนี้จะน้อย

T7-T8 คือ ระยะเวลาในการนำผู้ป่วยฉุกเฉินส่งโรงพยาบาล เวลานี้อาจมีความแตกต่างกันซึ่งเป็นไปตามความเร่งด่วน ทั้งนี้การตัดสินใจนำส่งโรงพยาบาลใดมักจะใช้ความเห็นของหัวหน้าชุดปฏิบัติการฉุกเฉินนั้น ๆ เป็นหลักในการตัดสินใจ โดยจะขออนุญาตผ่านเจ้าหน้าที่ศูนย์รับแจ้งเหตุและสั่งการที่ทำการติดต่อกับชุดปฏิบัติการฉุกเฉินนั้น โดยขณะที่นำผู้ป่วยฉุกเฉินส่งโรงพยาบาล ศูนย์รับแจ้งเหตุและสั่งการจะประสานงานนำข้อมูลการเกิดเหตุนั้นส่งต่อไปยังสถานพยาบาลที่เป็นจุดหมายปลายทางเพื่อเตรียมความพร้อมและตรวจสอบสิทธิการรักษาก่อนที่จะชุดปฏิบัติการฉุกเฉินจะนำผู้ป่วยฉุกเฉินไปถึง

ทั้งนี้ได้มีการกำหนดชื่อและความหมายของระยะเวลาที่สำคัญไว้คือ

- Response time คือ ระยะเวลาตั้งแต่ศูนย์รับแจ้งเหตุและสั่งการรับสายโทรศัพท์ถึงเวลาที่ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินไปถึงที่เกิดเหตุในแนวราบ (T2-T5)

- Scene-action time คือ ระยะเวลาตั้งแต่ศูนย์รับแจ้งเหตุและสั่งการรับสายโทรศัพท์ถึงเวลาที่ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินให้การดูแลในที่เกิดเหตุจนกระทั่งออกจากที่เกิดเหตุ (T2-T7)
- Operation time คือ ระยะเวลาตั้งแต่ศูนย์รับแจ้งเหตุและสั่งการรับสายโทรศัพท์ถึงเวลาที่ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินนำผู้ป่วยฉุกเฉินถึงโรงพยาบาล (T2-T8)

ในการปฏิบัติการฉุกเฉินแต่ละครั้ง “เวลา” ตั้งแต่การรับรู้การเจ็บป่วยฉุกเฉินถึงชุดปฏิบัติการฉุกเฉินไปถึงที่เกิดเหตุ (ระยะเวลาตอบสนอง หรือ Response time) เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเสียชีวิต ความพิการ และการบาดเจ็บที่รุนแรงมากขึ้นของผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินได้ (อุบล ยี่เส็ง ,2549) ในงานวิจัยของต่างประเทศก็ได้ให้ความสำคัญของระยะเวลาตอบสนองนี้เหมือนกัน เช่น จากการศึกษาในรัฐแคลิฟอร์เนียประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่าการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานของระยะเวลาตอบสนองนี้ไว้ที่ 12-15 นาที และรัฐนิวยอร์กกำหนดไว้ที่ 10 นาที โดยระยะเวลาตอบสนองนี้มีความสำคัญต่อผู้ป่วยอย่างมาก สมาคมแพทย์โรคหัวใจของประเทศสหรัฐอเมริกาได้ทำการศึกษาพบว่าสมองของคนไข้ที่หัวใจหยุดเต้นจะตายภายใน 4-6 นาทีหากไม่ได้รับการช่วยเหลือ รวมทั้งอัตราการรอดชีวิตจะลดลง 7-10% ทุก ๆ 1 นาทีที่ไม่ได้รับการช่วยเหลือ

นอกจากระยะเวลาตอบสนองที่เป็นสิ่งสำคัญของระบบการแพทย์ฉุกเฉินแล้ว สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ประเภทของชุดปฏิบัติการฉุกเฉิน โดยสพ.ได้แบ่งชุดปฏิบัติการฉุกเฉินออกเป็น 4 ประเภทดังนี้ (สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ, 2553)

- FR (First Responder Unit หรือ ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินเบื้องต้น) ประกอบด้วย หัวหน้าชุดปฏิบัติการเป็นผู้ปฏิบัติการฉุกเฉินเบื้องต้น (First Responder) และทีมปฏิบัติการที่เป็นผู้ปฏิบัติการฉุกเฉินเบื้องต้นรวมอย่างน้อย 3 คน
- BLS (Basic Life Support Unit หรือชุดปฏิบัติการฉุกเฉินระดับต้นหรือระดับพื้นฐาน) ประกอบด้วย หัวหน้าชุดปฏิบัติการเป็นเวชกรฉุกเฉินระดับต้น (Emergency Medical Technician-Basic : EMT-B) และทีมปฏิบัติการที่เป็นเวชกรฉุกเฉินระดับต้นหรือผู้ปฏิบัติการฉุกเฉินเบื้องต้นรวมอย่างน้อย 3 คน
- ILS (Intermediate Life Support Unit หรือชุดปฏิบัติการฉุกเฉินระดับกลาง) ประกอบด้วย หัวหน้าชุดปฏิบัติการเป็นเวชกรฉุกเฉินระดับกลาง (Emergency Medical Technician-Intermediate : EMT-I) และทีมปฏิบัติการเป็นเวชกรกรฉุกเฉินระดับกลาง เวชกรฉุกเฉินระดับต้นหรือผู้ปฏิบัติการฉุกเฉินเบื้องต้นรวมอย่างน้อย 3 คน

- ALS (Advance Life Support Unit หรือ ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินระดับสูง) ประกอบด้วย หัวหน้าชุดปฏิบัติการเป็นเวชกรฉุกเฉินระดับสูง (Emergency Medical Technician-Paramedic : EMT-P) หรือพยาบาลกู้ชีพ (Pre Hospital Emergency Nurse : PHEN) หรือแพทย์ฉุกเฉิน (Emergency Physician : EP) หรือแพทย์ (Physician) และทีมปฏิบัติการที่เป็นเวชกรฉุกเฉินระดับกลาง เวชกรฉุกเฉินระดับต้น หรือผู้ปฏิบัติการฉุกเฉินเบื้องต้นรวมอย่างน้อย 3 คน

จากข้อมูลปี พ.ศ. 2554 จำนวนชุดปฏิบัติการฉุกเฉินและจำนวนรถฉุกเฉินมีที่ขึ้นทะเบียนต่อสพฉ.มีดังนี้

ชุดปฏิบัติการฉุกเฉิน 4 ประเภทประกอบด้วย

1. FR 8,629 ชุด
2. BLS 1,837 ชุด
3. ILS 42 ชุด
4. ALS 2,183 ชุด

รถฉุกเฉิน 4 ประเภทประกอบด้วย

1. รถฉุกเฉินสำหรับ FR 9,375 คัน
2. รถฉุกเฉินสำหรับ BLS 1,890 คัน
3. รถฉุกเฉินสำหรับ ILS 141 คัน
4. รถฉุกเฉินสำหรับ ALS 2,783 คัน

ในการปฏิบัติการฉุกเฉินแต่ละครั้ง ศูนย์รับแจ้งเหตุและสั่งการจะจัดชุดปฏิบัติการฉุกเฉินและรถฉุกเฉินให้เหมาะสมกับระดับความรุนแรงของเหตุนั้น โดยพระราชบัญญัติการแพทย์ฉุกเฉิน พ.ศ.2551 และประกาศคณะกรรมการการแพทย์ฉุกเฉิน เรื่องหลักเกณฑ์การประเมินเพื่อคัดแยกระดับความฉุกเฉินและมาตรฐานการปฏิบัติการฉุกเฉิน พ.ศ.2554 และประกาศคณะกรรมการการแพทย์ฉุกเฉินเรื่องข้อกำหนดว่าด้วยสถานพยาบาล พ.ศ.2554 ได้นิยามถึงความหมายของ "การเจ็บป่วยฉุกเฉิน" ไว้อย่างชัดเจนว่าเป็นการได้รับบาดเจ็บหรือมีอาการเจ็บป่วยกะทันหัน ซึ่งเป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตหรือการทำงานของอวัยวะสำคัญ จำเป็นต้องได้รับการประเมิน การจัดการและบำบัดรักษาอย่างทันท่วงทีเพื่อป้องกันการเสียชีวิตหรือการรุนแรงขึ้นของการบาดเจ็บหรืออาการเจ็บป่วยนั้น ทั้งนี้หน่วยปฏิบัติการสถานพยาบาล และผู้ปฏิบัติการฉุกเฉินได้มีหลักเกณฑ์การประเมินเพื่อคัดแยกระดับความรุนแรงของการเจ็บป่วยฉุกเฉินดังนี้

- ผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤต ได้แก่ บุคคลซึ่งได้รับบาดเจ็บหรือมีอาการป่วยกะทันหันซึ่งเป็นภาวะที่คุกคามต่อชีวิตต้องให้การช่วยเหลืออย่างรีบด่วน ผู้ป่วยต้องได้รับการ

ตรวจรักษาทันที มิฉะนั้นผู้ป่วยจะเสียชีวิตหรือพิการอย่างถาวรในเวลาไม่กี่นาที ซึ่งผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตที่ต้องได้รับการวินิจฉัยและให้การตรวจรักษาทันที ผู้ป่วยกลุ่มนี้จะใช้สัญลักษณ์ "สีแดง" ตัวอย่างเช่น ภาวะ"หัวใจหยุดเต้น" (Cardiac arrest) ภาวะหยุดหายใจ ภาวะ"ช็อก"จากการเสียเลือดรุนแรง ชักตลอดเวลาหรือชักจนตัวเขียว อาการซึม หมดสติ ไม่รู้สึกตัว อาการเจ็บหน้าอกรุนแรงจากหลอดเลือดหัวใจตีบตันที่มีความจำเป็นต้องได้รับยาละลายลิ่มเลือด อาการทางสมองจากหลอดเลือดสมองตีบตันทันทีที่มีความจำเป็นต้องได้รับยาละลายลิ่มเลือด เลือดออกมากอย่างรวดเร็วและตลอดเวลา เป็นต้น

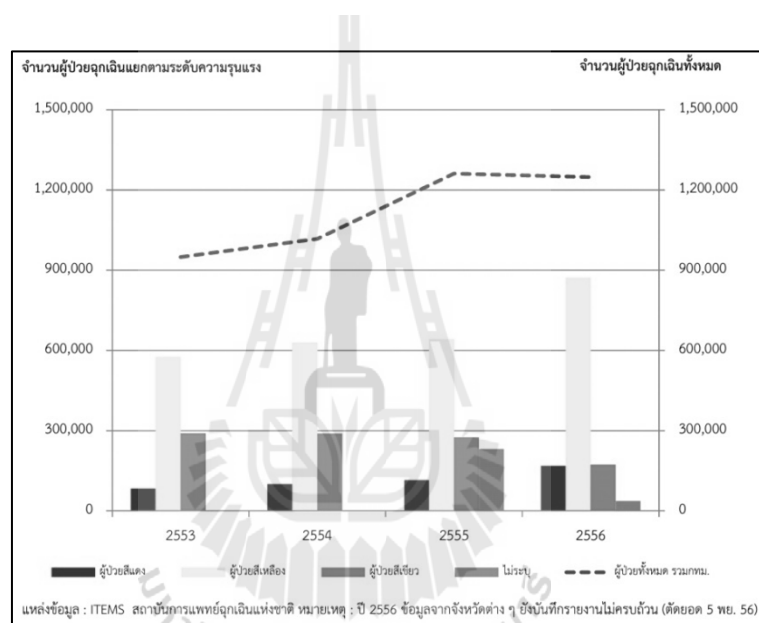
- ผู้ป่วยฉุกเฉินเร่งด่วน ได้แก่ บุคคลที่อยู่ในภาวะที่ต้องการการช่วยเหลือโดยเร็ว รอได้บ้างแต่ไม่นาน เป็นภาวะที่ผู้ป่วยต้องการการช่วยเหลือทางการรักษาพยาบาล จัดเป็นอันดับรองจากกลุ่มแรก ผู้ป่วยประเภทนี้ถ้าปล่อยทิ้งไว้ไม่ได้การดูแลรักษาพยาบาลอย่างถูกต้องอาจทำให้สูญเสียชีวิตหรือพิการได้ภายในเวลาไม่กี่ชั่วโมง ผู้ป่วยประเภทนี้จะมีอาการหรืออาการแสดงอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ซึ่งใช้สัญลักษณ์ "สีเหลือง" ตัวอย่างเช่น หายใจลำบากหรือหายใจเหนื่อย หอบ ชีพจรช้ากว่า 40 หรือเร็วกว่า 150 ครั้งต่อนาที โดยเฉพาะถ้าร่วมกับลักษณะอื่น เช่น ไม่รู้สึกตัว ชัก อัมพาต หรือตาบอด หูหนวกทันที ตกเลือด ชีดมากหรือเขียว เจ็บปวดมากหรือทรมานทรมาย มือเท้าเย็นซีด และเหงื่อแตก ความดันโลหิตตัวบนต่ำกว่า 90 มิลลิเมตรปรอทหรือตัวล่างสูงกว่า 130 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิร่างกายต่ำกว่า 35 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส ถูกพิษหรือ การใช้ยาเกินขนาด ได้รับอุบัติเหตุโดยเฉพาะบาดเจ็บที่ไขสันหลังและมีหลายแห่ง ภาวะจิตเวชฉุกเฉิน เป็นต้น
- ผู้ป่วยฉุกเฉินไม่รุนแรง ได้แก่ บุคคลซึ่งได้รับบาดเจ็บหรือมีอาการป่วยซึ่งมีภาวะเฉียบพลันไม่รุนแรง อาจรอรับปฏิบัติการแพทย์ได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งหรือเดินทางไปรับบริการได้ด้วยตนเอง แต่จำเป็นต้องใช้ทรัพยากรและหากปล่อยไว้เกินเวลาอันสมควรแล้วจะทำให้การบาดเจ็บหรืออาการป่วยของผู้ป่วยฉุกเฉินนั้นรุนแรงขึ้นหรือเกิดภาวะแทรกซ้อนขึ้นได้ ใช้สัญลักษณ์ "สีเขียว"

จากข้อมูลดังกล่าวพบว่าจำนวน ALS ซึ่งเป็นชุดปฏิบัติการระดับที่สามารถรับมือกับเหตุฉุกเฉินวิกฤตได้นั้นมีจำนวนน้อยมากเมื่อเทียบกับชุดปฏิบัติการฉุกเฉินชนิดอื่น ๆ หากคิดเป็นอัตราส่วนระหว่าง ALS กับ ILS BLS และ FR รวมกันแล้ว จะมีอัตราส่วนประมาณ 1:5 เท่านั้น

ฉะนั้นการบริหารจัดการให้ประชาชนได้เข้าถึงการบริการทางการแพทย์ในระดับสูงจาก ALS ได้ทั่วถึงและทันเวลานี้จึงเป็นสิ่งที่สำคัญ

### ความสำคัญของปัญหา

จากรายงานสถานการณ์ระบบการแพทย์ฉุกเฉินประจำปี พ.ศ.2556 พบว่าจำนวนผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ดังในรูปที่ 1.3 ถึงแม้จำนวนผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตจะมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับผู้ป่วยฉุกเฉินเร่งด่วนและผู้ป่วยฉุกเฉินไม่รุนแรง แต่ผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตนี้เองที่เสี่ยงต่อการเสียชีวิตมากที่สุดหากไม่ได้รับการรักษาอย่างถูกต้องและทันเวลา



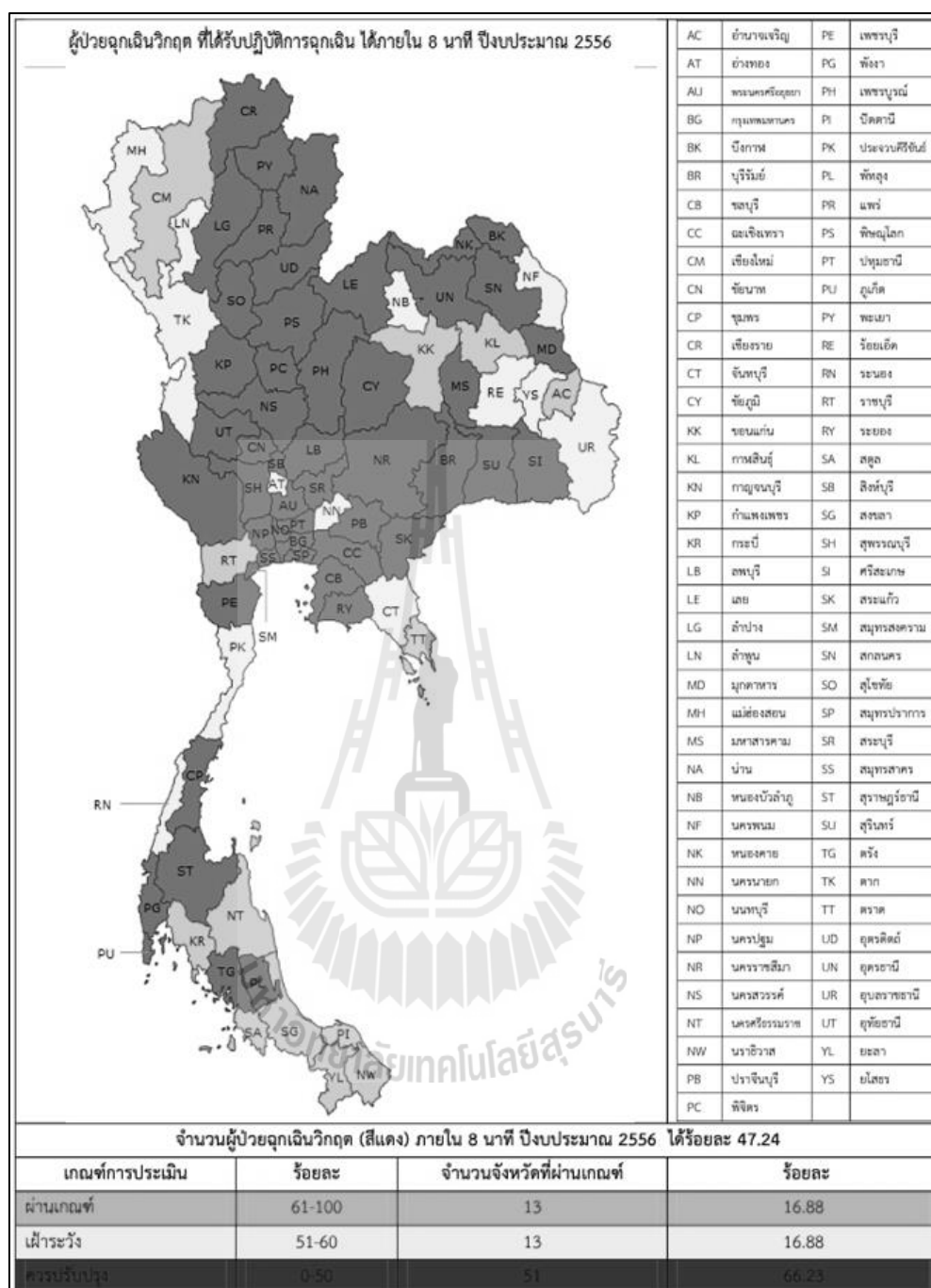
รูปที่ 1.3 จำนวนการเกิดเหตุฉุกเฉินระดับต่าง ๆ (สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ, 2556)

จากรายงานข้างต้นพบว่ามีความหลากหลาย จังหวัดพบกับปัญหาเรื่องระยะเวลาการเข้าถึงตัวผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตสพ. ได้ตั้งเกณฑ์มาตรฐานเพื่อวัดสถานการณ์การแพทย์ฉุกเฉินของแต่ละจังหวัดไว้ 3 ระดับ ซึ่งเกณฑ์การประเมินดังนี้

1. จังหวัดที่ผ่านเกณฑ์คือ จังหวัดที่มีจำนวนผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตได้รับการบริการแพทย์ฉุกเฉินทันภายในระยะเวลาตอบสนอง 8 นาทีมากกว่า 60%
2. จังหวัดที่เฝ้าระวังคือ จังหวัดที่มีจำนวนผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตได้รับการบริการแพทย์ฉุกเฉินทันภายในระยะเวลาตอบสนอง 8 นาทีตั้งแต่ 50-60%
3. จังหวัดที่ควรปรับปรุงคือ จังหวัดที่มีจำนวนผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตได้รับการบริการแพทย์ฉุกเฉินทันภายในระยะเวลาตอบสนอง 8 นาทีไม่ถึง 50%







รูปที่ 1.5 ผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตที่ได้รับปฏิบัติการฉุกเฉินภายใน 8 นาที ตามเกณฑ์ประเมิน (สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ, 2556)

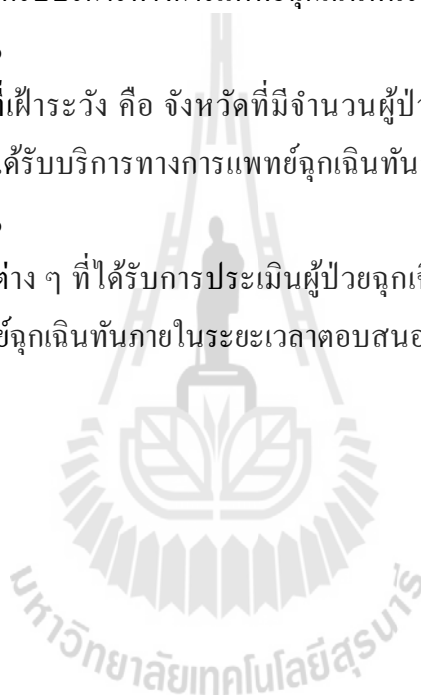
จากรูปที่ 1.4 และ 1.5 พบว่าจังหวัดผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตจะได้รับบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินทันภายในระยะเวลาตอบสนอง 8 นาทีมีเพียง 13 จังหวัด คือ เชียงใหม่

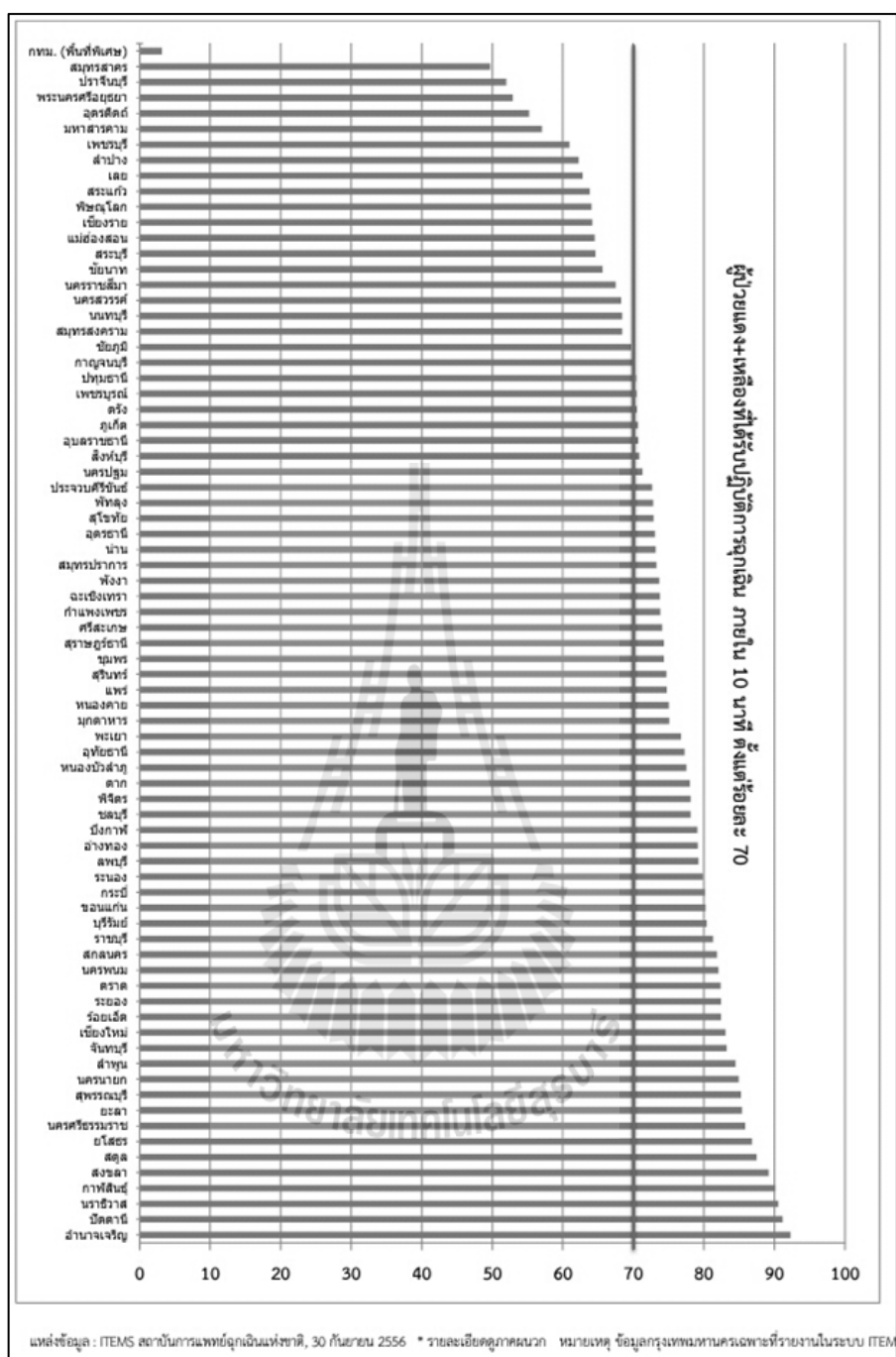
สงขลา นราธิวาส ยะลา อำนาจเจริญ นครศรีธรรมราช ปัตตานี ราชบุรี สตูล ขอนแก่น ตราด กระบี่ และกาฬสินธุ์ จังหวัดที่อยู่ในเกณฑ์เฝ้าระวังมี 13 จังหวัด และที่น่าเป็นห่วงคือมีถึง 51 จังหวัดอยู่ในเกณฑ์ที่ต้องปรับปรุง

หากพิจารณาถึงภาพรวมของผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตและผู้ป่วยฉุกเฉินเร่งด่วนรวมกัน โดยที่ผู้ป่วยดังกล่าวได้รับการบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินทันภายในระยะเวลาตอบสนอง 10 นาทีแล้วสพจ. แบ่งเกณฑ์การประเมินไว้ 2 ระดับ คือ

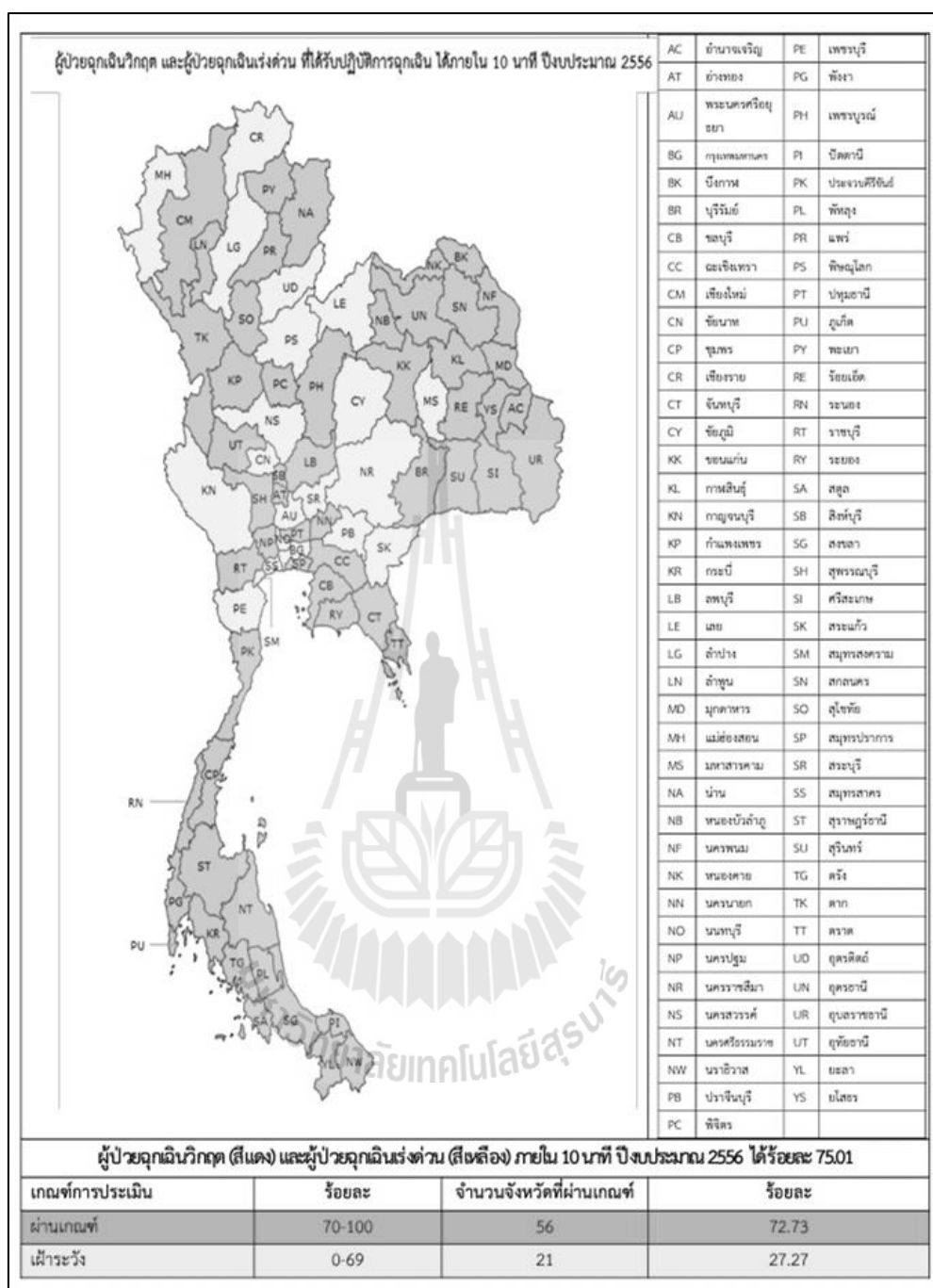
1. จังหวัดที่ผ่านเกณฑ์ คือ จังหวัดที่มีจำนวนผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตและผู้ป่วยฉุกเฉินเร่งด่วนได้รับการบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินทันระยะเวลาตอบสนอง 10 นาทีไม่น้อยกว่า 70%
2. จังหวัดที่เฝ้าระวัง คือ จังหวัดที่มีจำนวนผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตและผู้ป่วยฉุกเฉินเร่งด่วนได้รับการบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินทันระยะเวลาตอบสนอง 10 นาทีไม่น้อยกว่า 70%

ซึ่งข้อมูลจังหวัดต่าง ๆ ที่ได้รับการประเมินผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตและผู้ป่วยฉุกเฉินเร่งด่วน ได้รับการบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินทันภายในระยะเวลาตอบสนอง 10 นาทีแสดงไว้ดังรูปที่ 1.6 และ 1.7





รูปที่ 1.6 เปอร์เซ็นต์ของผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตและผู้ป่วยฉุกเฉินเร่งด่วนที่ได้รับบริการฉุกเฉินภายในเวลา 10 นาที (สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ, 2556)

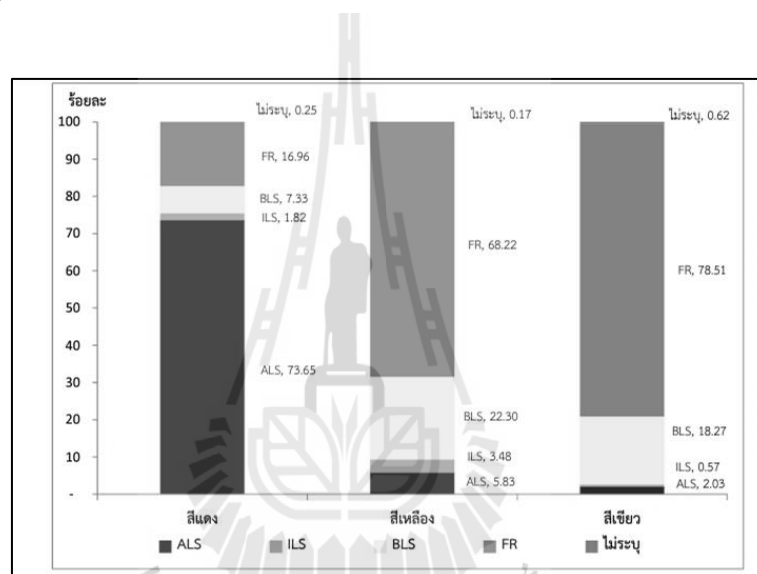


รูปที่ 1.7 ผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตและผู้ป่วยฉุกเฉินเร่งด่วนที่ได้รับปฏิบัติการฉุกเฉินภายใน 10 นาที ตามเกณฑ์ประเมิน (สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ, 2556)

จากรูปที่ 1.6 และ 1.7 พบว่ามี 75.01% ของผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตและผู้ป่วยฉุกเฉินเร่งด่วนที่ได้รับบริการจากชุดปฏิบัติการฉุกเฉินทันเวลาตอบสนองที่ 10 นาที โดยจังหวัดที่ผ่านเกณฑ์มี

จำนวน 56 จังหวัด และมีจังหวัดที่อยู่ในเกณฑ์เฝ้าระวัง 21 จังหวัด ซึ่งเป้าหมายของสพฉ.คือเพิ่มจำนวนจังหวัดที่ผ่านเกณฑ์ให้ได้มากที่สุดจากทั้งสองเกณฑ์การประเมิน

นอกจากจำนวนผู้ป่วยฉุกเฉินที่ต้องการปฏิบัติการแพทย์ฉุกเฉินอย่างรวดเร็วทันเวลาแล้ว ความสอดคล้องระหว่างระดับความรุนแรงของเหตุฉุกเฉินและประเภทของชุดปฏิบัติการต้องมีความเหมาะสมสอดคล้องกัน ทั้งนี้พบว่าปัญหาอีกประการหนึ่งคือ ประเภทของชุดปฏิบัติการฉุกเฉินที่ไปถึงจุดเกิดเหตุ นั้น ไม่สอดคล้องกัน กล่าวคือ ผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตควรจะได้รับบริการจาก ALS ผู้ป่วยฉุกเฉินเร่งด่วนควรจะได้รับบริการ ILS หรือ BLS และผู้ป่วยฉุกเฉินไม่รุนแรงควรได้รับบริการจาก FR



รูปที่ 1.8 ความสอดคล้องของชุดปฏิบัติการฉุกเฉินกับระดับความรุนแรงของผู้ป่วยฉุกเฉิน  
(สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ, 2556)

จากรูปที่ 1.8 จะเห็นได้ว่าความสอดคล้องของชุดปฏิบัติการฉุกเฉินในการออกปฏิบัติการให้กับผู้ป่วยฉุกเฉินระดับต่าง ๆ พบกับปัญหาที่ผู้ป่วยฉุกเฉินได้ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินไม่ตรงกับระดับความรุนแรงของเหตุ กล่าวคือ ผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตที่ควรได้รับบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินจาก ALS มี 73.65% ที่ได้ ALS สอดคล้องกัน ผู้ป่วยฉุกเฉินเร่งด่วนที่ควรได้รับบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินจาก ILS หรือ BLS คิดเป็น 25.78% ที่ได้ ILS หรือ BLS สอดคล้องกัน และผู้ป่วยฉุกเฉินไม่รุนแรงที่ควรได้รับบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินจาก FR คิดเป็น 83.18% ที่ได้ FR สอดคล้องกัน ในทางกลับกันพบว่าผู้ป่วยฉุกเฉินได้ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินที่อาจจะไม่สามารถรับมือกับระดับความรุนแรงของเหตุฉุกเฉินได้ กล่าวคือ จำนวนผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตที่ได้ ILS BLS หรือ FR

ให้บริการคิดเป็น 26.35% และจำนวนผู้ป่วยฉุกเฉินเร่งด่วนที่ได้ FR ให้บริการคิดเป็น 68.22% ซึ่งการส่งชุดปฏิบัติการฉุกเฉินที่ไม่สอดคล้องกับระดับความรุนแรงของเหตุออกไปปฏิบัติการนี้นอกจากจะทำการรักษาไม่มีประสิทธิภาพแล้ว ยังจะทำให้อาการของผู้ป่วยมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นได้ ดังนั้นมีการจัดตั้ง ALS ที่มีศักยภาพในการให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉินได้สูงที่สุดให้มีประสิทธิภาพ ปัญหาเหล่านี้ก็แก้ปัญหาลำบากได้

จากทั้งหมดที่ได้กล่าวมานั้นจะเห็นได้ว่าระยะเวลาตอบสนอง (Response time) ที่ใช้ในการปฏิบัติการแพทย์ฉุกเฉินและการจัดส่งชุดปฏิบัติการฉุกเฉินให้สอดคล้องกับระดับความรุนแรงของเหตุฉุกเฉินเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มหรือลดความสูญเสียจากการเสียชีวิต การบาดเจ็บรุนแรง ซึ่งจะต้องพิจารณาควบคู่กันไป ไม่อาจจะละเลยข้อใดข้อหนึ่งได้เลย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาและเก็บข้อมูลจากการแพทย์ฉุกเฉินในปัจจุบันเพื่อพัฒนาตัวแบบการจัดสรรตำแหน่งชุดปฏิบัติการฉุกเฉินเพื่อเพิ่มจำนวนผู้ป่วยฉุกเฉินให้ได้รับการบริการจากการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงจาก ALS ภายในระยะเวลาตอบสนอง 8 นาทีให้ได้มากที่สุด

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษานี้ต้องการที่จะแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในการให้บริการจากชุดปฏิบัติการฉุกเฉินด้วยการจัดสรรตำแหน่งที่ตั้ง เพื่อให้ประชาชนได้เข้าถึงบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงจากระดับ ALS ให้ได้มากที่สุด โดยงานวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตการวิจัยดังนี้

1.3.1 เป็นการศึกษาภายในพื้นที่รับผิดชอบของหน่วยแพทย์ฉุกเฉินอำเภอเมือง นครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา

1.3.2 เวลาที่ศึกษาเป็นเวลาจากที่ตั้งชุดปฏิบัติการฉุกเฉินจนถึงจุดเกิดเหตุ

1.3.3 เนื่องจากจำนวน ILS มีน้อยมากเมื่อเทียบกับจำนวนชุดปฏิบัติการระดับอื่น และ BLS กับ FR มีศักยภาพใกล้เคียงกัน ประเภทของชุดปฏิบัติการฉุกเฉินที่จะศึกษาจึงแบ่งไว้ 2 ระดับ คือ

- ALS (Advance Life Support : ALS)
- BLS (Basic Life Support : BLS) และ FR (First Responder : FR) รวมกัน

## 1.4 สมมุติฐาน

1.4.1 ALS สามารถให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉินได้ทุกระดับความรุนแรงของเหตุฉุกเฉิน

1.4.2 ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินแต่ละชุดมีศักยภาพการรักษาเท่าเทียมกันในแต่ละประเภท

1.4.3 ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินแต่ละชุดจะอยู่ประจำที่รถฉุกเฉินชนิดนั้น ๆ ตามพื้นที่ที่กำหนดให้ โดย ALS จะประจำอยู่ที่โรงพยาบาล โดย BLS หรือ FR จะประจำอยู่ที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล เทศบาลตำบล องค์การบริหารส่วนตำบล และจุดจอดของหน่วยอาสาสมัครทางการแพทย์ฉุกเฉินต่าง ๆ

1.4.4 ความเร็วของรถฉุกเฉินในแต่ละประเภทจะวิ่งด้วยความเร็วคงที่เท่ากันในแต่ละประเภททุกเวลา และไม่มีปัจจัยจากสภาพการจราจร สภาพถนน และสภาพอากาศ

1.4.5 การคิดคำนวณเวลาจากจุดถึงจุดจะใช้เวลาเฉลี่ยจากจุดกึ่งกลาง grid ถึงจุดกึ่งกลาง grid

1.4.6 BLS ซึ่งมีศักยภาพสูงกว่า FR นั้น กำหนดให้มีหน้าที่วิ่งรับส่งผู้ป่วยเช่นเดียวกับ FR เท่านั้น

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผู้ป่วยฉุกเฉินสามารถที่จะได้รับบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงจาก ALS ได้มากที่สุดภายในระยะเวลาตอบสนองไม่เกิน 8 นาที รวมทั้งมีการวางแผนการกำหนดที่ตั้ง ALS ให้ครอบคลุมจำนวนประชากรมากที่สุด



## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

##### ปัญหาการเลือกตำแหน่งของสถานที่ให้บริการ (Facility Location Problem)

การหาตำแหน่งของจุดบริการการแพทย์ฉุกเฉินให้ครอบคลุมประชากรหรือจำนวนเหตุฉุกเฉินให้ได้มากที่สุดนั้นสามารถจัดเป็นปัญหา FLP (Facility Location Problem) ชนิดหนึ่งเช่นกัน ซึ่งปัญหา FLP มีความหลากหลายเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น วัตถุประสงค์ในการตั้งสถานที่ให้บริการ สภาพการณ์ในการตัดสินใจ ช่วงระยะเวลาที่พิจารณาความเหมาะสมของสถานที่ให้บริการ จำนวนสถานที่ให้บริการที่พิจารณา รูปแบบการพิจารณาคำแหน่งที่จะเป็นสถานที่ตั้ง รูปแบบการให้บริการลูกค้า ความหลากหลายของประเภทสินค้าที่สถานที่ให้บริการจะสามารถให้บริการได้ โดย จันทรศิริ สิงห์เลื่อน (2554) ได้แบ่งปัญหานี้ออกเป็น 4 ประเภทหลัก ได้แก่ ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการแบบดีเทอร์มินิสติก แบบพลวัต แบบสโตแคสติกและแบบโรบัสต์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

##### 1 ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการแบบดีเทอร์มินิสติก (Deterministic Facility Location Problems)

เป็นปัญหา FLP ที่เลือกตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมโดยพิจารณา ณ เวลาใดเวลาหนึ่งทำการตัดสินใจ และพิจารณาปัจจัยนำเข้า เช่น ความต้องการของลูกค้า ตำแหน่งของลูกค้า ต้นทุนการขนส่ง เป็นต้น เป็นค่าที่ทราบค่าแน่นอนและมีค่าคงที่ ซึ่งปัญหานี้เป็นปัญหาพื้นฐานที่จะถูกนำไปใช้แก้ปัญหามิในหัวข้ออื่น ๆ ต่อไป ปัญหานี้สามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภทย่อยตามวัตถุประสงค์ในการตั้งสถานที่ให้บริการ ดังต่อไปนี้

1.1 Minisum Facility Location Problem เป็นปัญหาการเลือกสถานที่ให้บริการจำนวน  $P$  แห่ง ให้สามารถบริการลูกค้าได้ครอบคลุมทั้งหมด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ต้นทุน ระยะทาง ระยะเวลา หรือค่าใช้จ่ายมีค่าน้อยที่สุด

1.2 Covering Problem เป็นปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการ ให้ครอบคลุมปริมาณความต้องการของลูกค้า ภายใต้ข้อจำกัด เช่น ระยะทาง ระยะเวลา

ค่าใช้จ่าย เป็นต้น สามารถแบ่งปัญหา Covering Problem ออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

- Set Covering Problem เป็นปัญหาการเลือกตำแหน่งของสถานที่ให้บริการให้ครอบคลุมความต้องการของลูกค้าให้ได้ทั้งหมดโดยให้จำนวนผู้ให้บริการมีน้อยที่สุด
- Maximal Covering Problem เป็นปัญหาการเลือกตำแหน่งของสถานที่ให้บริการที่มีอยู่จำกัด  $P$  แห่ง ให้ครอบคลุมปริมาณความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุด

1.3 Minimax Facility Location Problem เป็นปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมให้กับสถานที่ให้บริการ  $P$  แห่ง เพื่อให้ลูกค้าที่อยู่ไกลที่สุดได้อยู่ใกล้สถานที่ให้บริการมากที่สุดโดยทั่วไปจะเรียกปัญหานี้ว่า ปัญหา  $p$ -Center

1.4 Obnoxious Facility Location Problem ปัญหาการเลือกตำแหน่งสถานที่ให้บริการที่ไม่พึงประสงค์ที่หากตั้งอยู่ใกล้กลุ่มลูกค้าอาจเป็นอันตรายต่อสุขอนามัย แต่ก็ยังเป็นสถานที่ที่มีประโยชน์ต่อลูกค้า และเนื่องจากลูกค้าอาจจะต้องใช้บริการ และการที่จะตั้งห่างเกินไปก็อาจส่งผลต่อค่าขนส่ง ตัวอย่างสถานที่ที่ไม่พึงประสงค์เหล่านี้เช่น แหล่งบำบัดน้ำเสีย บ่อขยะ โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เป็นต้น

1.5 ปัญหาอื่น ๆ ปัญหาที่ขยายผลมาจากปัญหาทั้ง 4 ประเภทข้างต้นมีความหลากหลายตามรายละเอียดเพิ่มเติมของปัญหา เช่น กรณีที่สถานที่ให้บริการที่พิจารณาให้บริการหรือขายสินค้าที่มีความหลากหลาย (Multi-commodity) หรือกรณีที่มีการส่งมอบสินค้าในหลายระดับ (Multi-level) เช่น อาจมีสินค้าบางส่วนถูกส่งมอบโดยตรงจากโรงงานไปยังลูกค้าและอาจมีบางส่วนถูกส่งจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้าก่อนแล้วจึงกระจายสินค้าจากศูนย์นี้ไปยังลูกค้าอีกครั้งหนึ่ง หรือในกรณีที่มิเป้าหมายในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้งสถานที่ให้บริการมากกว่าหนึ่ง (Multi-objective) หรือปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการเพื่อให้ต้นทุนรวม เช่น ด้านการก่อสร้างการดำเนินการและการขนส่งต่ำที่สุด (Fixed Charged Facility Location Problem) เป็นต้น

## 2 ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการแบบพลวัต (Dynamic Facility Location Problems)

ปัญหา FLP ที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการตัดสินใจเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการให้เหมาะสม ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง แต่ในความจริงแล้วปัญหา FLP เป็นการตัดสินใจที่ส่งผลในระยะยาวซึ่งข้อมูลที่น่าเข้าจะมีการเปลี่ยนแปลงได้ตามเวลา เช่นความต้องการของลูกค้าที่อาจเพิ่มขึ้นจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ฤดูกาล กระแสความนิยม เป็นต้น ปัญหาประเภทนี้จึงคำนึงถึงการเลือกตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยในแต่ละขณะเวลาที่ตัดสินใจจะพิจารณาปัจจัยนำเข้าเป็นค่าที่ทราบค่าแน่นอนแต่ไม่คงที่เมื่อระยะเวลาเปลี่ยนไป ปัญหาส่วนมากในประเภทนี้จะนำปัญหาการเลือกตำแหน่งของสถานที่ให้บริการแบบดีเทอร์มินิสติกมาขยายผลโดยพิจารณาในช่วงระยะเวลาที่วางแผน วิธีการแก้ปัญหาลักษณะนี้ในช่วงแรก ๆ จะใช้วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดตามความเหมาะสมของปัญหาการเลือกตำแหน่งของสถานที่ให้บริการแบบดีเทอร์มินิสติกมาขยายผล โดยพิจารณาทีละจุดเวลาจนกว่าจะครบช่วงระยะเวลาที่กำหนด แล้วนำตำแหน่งที่ดีที่สุดของแต่ละจุดเวลามาพิจารณาเลือกตำแหน่งที่ดีที่สุดอีกครั้ง

## 3 ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการแบบสโตแคสติก (Stochastic Facility Location Problems)

เป็นปัญหา FLP ที่พิจารณาปัจจัยนำเข้าเป็นค่าที่ไม่แน่นอนแต่สามารถอธิบายได้ด้วยความน่าจะเป็น ซึ่งอาจเป็นปัญหาที่ขยายมาจากปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการแบบดีเทอร์มินิสติก หรือปัญหาที่พัฒนาในรูปแบบที่ต่างออกไปเพื่อให้สอดคล้องกับปัญหาที่แท้จริง เช่น

- ปัญหาระยะทางรวมน้อยที่สุดแบบสโตแคสติก (Stochastic P-median Problems) ซึ่งเปลี่ยนสมการเป้าหมายจากระยะทางที่น้อยที่สุดเป็นค่าคาดคะเนของต้นทุนที่น้อยที่สุด หรือค่าคาดคะเนของกำไรมากที่สุด ภายใต้การกระจายตัวของตำแหน่งลูกค้าแบบสุ่มหรือภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ
- ปัญหาต้นทุนรวมน้อยที่สุดแบบสโตแคสติก (Stochastic Fixed-charge Facility Location) ซึ่งเป็นปัญหาภายใต้ความไม่แน่นอนของความต้องการของลูกค้า ต้นทุนการผลิตและราคาขาย
- ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งเพื่อการแข่งขัน (Competitive Facility Location) เป็นปัญหาที่ต้องเลือกตำแหน่งที่ตั้งสถานที่ให้บริการ โดยมีการแข่งขันกันจากการเลือกตำแหน่งที่ตั้งสถานที่ให้บริการของกลุ่มคู่แข่งทางการค้า เพื่อให้ได้ส่วนแบ่งทางการตลาดสูงสุด

วิธีการแก้ปัญหของปัญหาประเภทนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของพารามิเตอร์ที่มีความไม่แน่นอน โดยหากพารามิเตอร์ที่ไม่แน่นอนนั้นเป็นค่าไม่ต่อเนื่อง วิธีการที่ใช้จะอยู่ภายใต้แนวคิดการหาคำตอบที่ดีที่สุดภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ ที่พิจารณา (The Scenario Approach) แต่หากพารามิเตอร์ที่ไม่แน่นอนนั้นเป็นค่าต่อเนื่องซึ่งมักจะกำหนดช่วงของค่าพารามิเตอร์ การตัดสินใจจะพิจารณาภายใต้สถานการณ์ที่เลวร้ายที่สุด (Worst Case Scenario)

#### 4 ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการแบบโรบัสต์ (Robust Facility Location Problems)

เป็นปัญหา FLP ที่พิจารณาปัจจัยนำเข้าเป็นค่าไม่แน่นอนที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยความน่าจะเป็น โดยจุดประสงค์เพื่อต้องการให้ผลลัพธ์เป็นการตัดสินใจที่ดี แม้ค่าพารามิเตอร์จะเปลี่ยนไปตามความไม่แน่นอนที่พิจารณา ตัววัดส่วนใหญ่ที่ใช้ในการกำหนดสมการเป้าหมายนั้น มักจะใช้คู่สองตัววัด ได้แก่ ค่าเสียโอกาสจากการตัดสินใจที่ผิดพลาดและค่าใช้จ่าย โดยสมการเป้าหมายจะอยู่ในรูปแบบที่ต้องการทำให้ค่าเสียโอกาสที่เกิดจากการตัดสินใจผิดพลาดหรือค่าใช้จ่ายที่มากที่สุดมีค่าน้อยที่สุด และมักจะเป็นการขยายผลจากปัญหาแบบ p-Median (Minimax Regret Median Location Problems) หรือ แบบ p-Center (Minimax Regret p-Center Location Problems) สามารถสรุปปัญหาการเลือกตำแหน่งของสถานที่ให้บริการทั้งหมดได้ดังตารางที่ 2.1



ตารางที่ 2.1 สรุปปัญหา FLP (จันทร์ศรี สิงห์เถื่อน, 2554)

หัวข้อ	ประเภท	พารามิเตอร์ ที่พิจารณา	ระยะเวลาในการพิจารณา		ประเภทปัญหาย่อย	วัตถุประสงค์	ตัวอย่างการประยุกต์ใช้
			จุดเวลา	ช่วงเวลา			
1	สหกรณ์นิสิต	ทราบค่าและเป็นค่าคงที่	✓		1.1 Minisum FLP (Weber/ P-Median Problems)	ระยะทางรวมจาก สถานที่ให้บริการไปยัง ลูกค้าที่น้อยที่สุด	เครื่องจักร คลังสินค้า ศูนย์กระจายสินค้า
					1.2 Set Covering	ครอบคลุมลูกค้าทุกคน ด้วยจำนวนสถานที่ ให้บริการที่น้อยที่สุด	สถานีดับเพลิง โรงพยาบาล ห้องสมุด
					1.3 Maximal Covering	ครอบคลุมจำนวนลูกค้า ให้ได้มากที่สุดด้วย จำนวนสถานที่ให้บริการ ที่กำหนด	
					1.4 Minimax FLP (P-Center)	ระยะครอบคลุมลูกค้าที่ อยู่ห่างไกลที่สุดน้อย ที่สุดด้วยจำนวนสถานที่ ให้บริการที่กำหนด	
					1.5 ปัญหาสถานที่ ให้บริการไม่พึงประสงค์	ตรงข้ามกับปัญหา ประเภท 1.1-1.3	โรงงานนิวเคลียร์ บ่อน้ำบาดน้ำเสีย โรงงาน
2	พลวัต	ทราบค่า แน่นอนแต่ ไม่คงที่		✓	ขยายผลจากข้อ 1 ในด้าน ช่วงเวลาที่พิจารณา	เหมือนวัตถุประสงค์ใน ข้อ 1 ที่ถูกนำมาขยายผล แต่พิจารณาตลอดทั้ง ช่วงเวลาการวางแผน	สถานที่ให้บริการ ทุกประเภท
3	สโตแคสติก	ไม่ทราบค่าที่ แน่นอน แต่ คาดการณ์ได้ ด้วยความ น่าจะเป็น	✓	✓	-ขยายผลจากข้อ 1 ในด้าน ช่วงเวลาที่พิจารณาและ พารามิเตอร์ที่พิจารณา -รูปแบบอื่น ๆ ตามสภาพ ปัญหาจริง	-ค่าคาดคะเนของต้นทุน ที่น้อยที่สุด -ค่าคาดคะเนของกำไรที่ มากที่สุด	สถานที่ให้บริการ ทุกประเภท

ตารางที่ 2.1 สรุปปัญหา FLP (ต่อ)

หัวข้อ	ประเภท	พารามิเตอร์ ที่พิจารณา	ระยะเวลาใน การพิจารณา		ประเภทปัญหาย่อย	วัตถุประสงค์	ตัวอย่างการ ประยุกต์ใช้
			จุด เวลา	ช่วง เวลา			
4	โรบัสต์	ไม่ทราบค่าที่ แน่นอนและ ไม่สามารถ คาดการณ์ได้	✓	✓	ขยายผลจากข้อ 1 ในด้าน ช่วงเวลาที่พิจารณาและ พารามิเตอร์ที่พิจารณา -รูปแบบอื่น ๆ ตามสภาพ ปัญหาจริง	ค่าเสียโอกาสในการ ตัดสินใจที่ผิดพลาดและ ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด	สถานที่ให้บริการ ทุกประเภท

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยนี้จะเลือกการกำหนดจุดบริการที่เหมาะสมเป็นแบบดีเทอร์มินิสติก ซึ่งเป็นตัวแบบพื้นฐานที่สามารถพัฒนาต่อยอดไปยังตัวแบบอื่น ๆ ที่มีความซับซ้อนขึ้นได้ ทั้งนี้มีงานวิจัยของ Luce Brotcornea, Gilbert Laporte, Frédéric Semeta (2003) ได้รวบรวมตัวแบบการจัดสรรทรัพยากรของรถฉุกเฉินในอดีตที่ผ่านมาไว้ โดยพื้นฐานการหาจุดจอดของรถฉุกเฉินนั้นจะแสดงในรูปความสัมพันธ์ระหว่างเซต คือ เซตของจุดเกิดเหตุ ( $V$ ) ที่มีจุดเกิดเหตุ ( $i$ ) เป็นสมาชิก เซตของรถฉุกเฉิน ( $W$ ) ที่มีจุดที่ตั้งรถฉุกเฉิน ( $j$ ) เป็นสมาชิก กำหนดให้เวลาจากจุดที่  $i$  ไปจุดที่  $j$  คือ  $t_{ij}$  ซึ่งข้อจำกัดของรถฉุกเฉินที่จะสามารถตั้งที่จุดใดได้นั้นจะพิจารณาจากระยะเวลาจากจุดเกิดเหตุไปยังจุดที่ตั้งรถฉุกเฉินไม่เกินระยะเวลาตอบสนอง  $r$  โดยตัวแบบแรกที่กำลังกล่าวถึงคือตัวแบบ LSCM (Location Set Covering Model) ซึ่ง Toregas et al. (1971) เป็นคนที่ได้คิดตัวแบบนี้ขึ้น โดยตัวแบบ LSCM เป็นดังนี้

ตัวแบบ LSCM

สมการเป้าหมาย

$$\text{Minimize } \sum_{j \in W} x_j \quad (2-1)$$

สมการและอสมการข้อจำกัด

$$\sum_{j \in W_i} x_j \geq 1, \quad (i \in V) \quad (2-2)$$

$$x_j \in \{0,1\}, \quad j \in W \quad (2-3)$$

$$W_i = \{j \in W | t_{ij} \leq r\} \quad (2-4)$$

โดยที่	$i$	คือ	จุดเกิดเหตุ
	$j$	คือ	ที่ตั้งของรถฉุกเฉิน
	$U$	คือ	เซตของรถฉุกเฉิน
	$V$	คือ	เซตของจุดเกิดเหตุ
	$r$	คือ	เวลาตอบสนองในการเข้าถึงจุดเกิดเหตุของรถฉุกเฉิน
	$x_j$	$= \begin{cases} 1 & \text{เมื่อจุด } j \text{ มีรถฉุกเฉินจอดอยู่} \\ 0 & \text{เมื่อจุด } j \text{ ไม่มีรถฉุกเฉิน จอดอยู่} \end{cases}$	

ตัวแบบดังกล่าวมีจุดประสงค์เพื่อกำหนดจำนวนจุดจอดรถฉุกเฉินให้น้อยที่สุดให้ครอบคลุมจุดเกิดเหตุทั้งหมดดังสมการที่ (2-1) โดยมีสมการที่ (2-2) เป็นตัวกำหนดว่าทุกจุด  $i$  จะต้องมียานรถฉุกเฉินจากจุด  $j$  อย่างน้อย 1 จุดเข้าไปให้บริการ ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรตัดสินใจ  $x_j$  ในสมการที่ (2-3) ที่จะมีค่าเป็น 1 เมื่อจุดที่มีความต้องการรถฉุกเฉิน  $i$  มีรถฉุกเฉินได้ภายในระยะเวลาตอบสนอง  $r$  และเป็น 0 ถ้าจุด  $i$  นั้นไม่มีรถฉุกเฉินเข้าถึงได้ภายในระยะเวลาตอบสนอง  $r$  โดยมีเซตของความสัมพันธ์ของจุด  $i$  ที่มีรถฉุกเฉินจากจุด  $j$  เข้าถึงได้ภายในระยะเวลาตอบสนอง  $r$  ดังสมการที่ (2-4)

การแก้ปัญหาการจัดสรรตำแหน่งจุดจอดรถฉุกเฉินโดยตัวแบบ LSCM นั้นเป็นการพิจารณาว่าจำนวนรถฉุกเฉินนั้นมีได้ไม่จำกัด สามารถจัดหาเพื่อตอบสนองความต้องการให้ครอบคลุมจุดเกิดเหตุได้ทั้งหมด แต่เมื่อมองถึงจำนวนของทรัพยากรบุคคลและรถฉุกเฉินที่มีจำกัดแล้วนั้น การจะให้บริการครอบคลุมจุดเกิดเหตุทั้งหมดนั้นคงเกิดขึ้นได้ยาก Church และ ReVelle (1974) จึงได้เสนอตัวแบบ MCLP (Maximal Covering Location Problem) เพื่อใช้แก้ปัญหาเรื่องจำนวนรถฉุกเฉินที่มีจำกัด โดยตัวแบบ MCLP เป็นดังนี้

### ตัวแบบ MCLP

สมการเป้าหมาย

$$\text{Maximize } \sum_{i \in V} d_i y_i \quad (2-5)$$

สมการและอสมการข้อจำกัด

$$\sum_{j \in W_i} x_j \geq y_i, \quad (i \in V) \quad (2-6)$$

$$\sum_{j \in W_i} x_j = p \quad (2-7)$$

$$x_j \in \{0,1\}, \quad j \in W \quad (2-8)$$

$$y_i \in \{0,1\}, \quad i \in V \quad (2-9)$$

$$W_i = \{j \in W | t_{ij} \leq r\} \quad (2-10)$$

โดยที่	$d_i$	คือ	จำนวนการเกิดเหตุที่จุด $i$
	$p$	คือ	จำนวนรถฉุกเฉิน
	$r$	คือ	เวลาตอบสนองในการเข้าถึงจุดเกิดเหตุของรถฉุกเฉิน
	$i$	คือ	จุดเกิดเหตุ
	$j$	คือ	ที่ตั้งของรถฉุกเฉิน
	$U$	คือ	เซตของรถฉุกเฉิน
	$V$	คือ	เซตจุดเกิดเหตุ

$$x_j = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อจุด } j \text{ มีรถฉุกเฉินจอดอยู่} \\ 0 & \text{เมื่อจุด } j \text{ ไม่มีรถฉุกเฉินจอดอยู่} \end{cases}$$



$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อจุด } i \text{ มีรถฉุกเฉินเข้าถึงได้ภายในระยะเวลา } r \\ 0 & \text{เมื่อจุด } i \text{ ไม่มีรถฉุกเฉินเข้าถึงได้ภายในระยะเวลา } r \end{cases}$$

ตัวแบบ MCLP นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินให้ครอบคลุมจำนวนความต้องการให้ได้มากที่สุด ดังสมการที่ (2-5) ภายใต้เงื่อนไขจำนวนจุดจอดรถฉุกเฉินที่มี  $p$  แห่ง ในสมการที่ (2-7) โดยตัวแปร  $y_i$  จากสมการที่ (2-9) ที่จะมีค่าเท่ากับ 1 หากจุดที่  $i$  มีรถฉุกเฉินจากจุดที่  $j$  อย่างน้อย 1 แห่งเข้าถึงได้ภายในระยะเวลาตอบสนอง  $r$  และเป็น 0 เมื่อจุด  $i$  นั้นไม่มีรถฉุกเฉินใดจากจุด  $j$  เข้าถึงได้ภายในระยะเวลาตอบสนอง  $r$  ซึ่งอยู่ภายใต้เงื่อนไขของเวลาการเข้าถึงในสมการที่ (2-10) โดยตัวแปร  $y_i$  จะส่งผลถึงตัวแปรตัวแปรตัดสินใจ  $x_j$  ในสมการที่ (2-8) ที่เป็นตัวแปรที่จะพิจารณาตั้งจุดจอดรถฉุกเฉินในสมการที่ (2-6)

นอกจากนี้แล้วในการจัดส่งรถฉุกเฉินเพื่อออกปฏิบัติการนั้น รถฉุกเฉินอาจมีมากกว่า 1 ชนิด Schilling et al., 1979 ได้นำเสนอตัวแบบ TEAM (Tandem Equipment Allocation Model) ที่ใช้แก้ปัญหาเรื่องประเภทของรถฉุกเฉินที่มีมากกว่าหนึ่งประเภท ซึ่งแรกเริ่มต้นตัวแบบนี้เป็นตัวแบบที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดสรรระดับเพลิงสองประเภท ซึ่งมีความใกล้เคียงกับรถฉุกเฉินที่มีหลายประเภทเช่นกัน โดยตัวแบบ TEAM เป็นดังนี้

ตัวแบบ TEAM

สมการเป้าหมาย

$$\text{Maximize } \sum_{i \in V} d_i y_i \quad (2-11)$$

สมการและอสมการข้อจำกัด

$$\sum_{j \in W_i^A} x_j^A \geq y_i, \quad (i \in V) \quad (2-12)$$

$$\sum_{j \in W_i^B} x_j^B \geq y_i, \quad (i \in V) \quad (2-13)$$

$$\sum_{j \in W} x_j^A = p^A \quad (2-14)$$

$$\sum_{j \in W} x_j^B = p^B \quad (2-15)$$

$$x_j^A \leq x_j^B, \quad (j \in W) \quad (2-16)$$

$$x_j^A, x_j^B = \{0,1\}, \quad (j \in W) \quad (2-17)$$

$$y_i \in \{0,1\}, \quad i \in V \quad (2-18)$$

$$W_i^A = \{j \in W | t_{ij} \leq r^A\} \quad (2-19)$$

$$W_i^B = \{j \in W | t_{ij} \leq r^B\} \quad (2-20)$$

โดยที่	$d_i$	คือ	จำนวนการเกิดเหตุที่จุด $i$
	$p^A$	คือ	จำนวนที่ตั้งรถฉุกเฉินชนิด A
	$p^B$	คือ	จำนวนที่ตั้งรถฉุกเฉินชนิด B
	$r^A$	คือ	เวลาตอบสนองในการเข้าถึงจุดเกิดเหตุของรถฉุกเฉินชนิด A
	$r^B$	คือ	เวลาตอบสนองในการเข้าถึงจุดเกิดเหตุของรถฉุกเฉินชนิด B
	$i$	คือ	จุดเกิดเหตุ
	$j$	คือ	ที่ตั้งของรถฉุกเฉิน
	$U$	คือ	เซตของรถฉุกเฉิน
	$V$	คือ	เซตจุดเกิดเหตุ
	$x_j^A$	=	$\begin{cases} 1 & \text{เมื่อจุด } j \text{ มีรถฉุกเฉินประเภท A จอดอยู่} \\ 0 & \text{เมื่อจุด } j \text{ ไม่มีรถฉุกเฉินประเภท A จอดอยู่} \end{cases}$
	$x_j^B$	=	$\begin{cases} 1 & \text{เมื่อจุด } j \text{ มีรถฉุกเฉินประเภท B จอดอยู่} \\ 0 & \text{เมื่อจุด } j \text{ ไม่มีรถฉุกเฉินประเภท B จอดอยู่} \end{cases}$

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อจุด } i \text{ มีรถฉุกเฉินเข้าถึงได้ภายในระยะเวลา } r \\ 0 & \text{เมื่อจุด } i \text{ ไม่มีรถฉุกเฉินเข้าถึงได้ภายในระยะเวลา } r \end{cases}$$

ตัวแบบ TEAM นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินสองชนิดคือ A และ B ให้ครอบคลุมปริมาณการเกิดเหตุให้ได้มากที่สุดดังสมการที่ (2-11) ซึ่งจำนวนที่ตั้งรถฉุกเฉินชนิด A และ B คือ  $p^A$  และ  $p^B$  ในสมการที่ (2-14) และ (2-15) ตามลำดับ โดยมีตัวแปร  $y_i$  จากสมการที่ (2-18) จะมีค่าเท่ากับ 1 หากจุดที่  $i$  มีรถฉุกเฉินจากประเภท A หรือ B จากจุด  $j$  อย่างน้อย 1 แห่ง เข้าถึงได้ภายในระยะเวลาตอบสนอง  $r^A$  หรือ  $r^B$  ตามลำดับ และเป็น 0 เมื่อจุด  $i$  นั้นไม่มีรถฉุกเฉินประเภทใดจากจุด  $j$  เข้าถึงได้ภายในระยะเวลาตอบสนอง  $r^A$  และ  $r^B$  ตามลำดับเช่นกัน ซึ่งอยู่เหนือไข้อยู่ภายใต้ข้อจำกัดของเวลาตอบสนองในสมการที่ (2-19) และ (2-20) โดยตัวแปร  $y_i$  จะส่งผลถึงตัวแปรตัดสินใจ  $x_j^A$  และ  $x_j^B$  ในสมการที่ (2-17) ที่เป็นตัวแปรที่จะพิจารณาตั้งจุดจอดรถฉุกเฉินในสมการที่ (2-12) และ (2-13) โดยมีสมการที่ (2-16) เป็นตัวกำหนดลำดับการพิจารณาว่าจุดที่  $j$  ควรเป็นจุดจอดรถประเภทใดก่อน

จะเห็นได้ว่าตัวแบบของการแก้ปัญหาที่ตั้งของรถฉุกเฉินจากในอดีตที่ผ่านมานั้นก็มีพื้นฐานมาจาก LSCM และ MCLP ที่ยกตัวอย่างมาแล้วข้างต้น หากเพียงแต่ว่าข้อกำหนดของแต่ละตัวแบบนั้นจะมีความแตกต่างกันในแต่ละสถานการณ์ และตัวแปรนำเข้าต่าง ๆ ซึ่งในการแก้ปัญหาด้วยตัวแบบที่ซับซ้อนมากขึ้นที่ได้เกิดมาภายหลัง ก็ล้วนพัฒนามาจากตัวแบบที่เป็นพื้นฐานเหล่านี้นั่นเอง

งานวิจัยชิ้นนี้ได้มีการคิดตัวแบบทางคณิตศาสตร์ขึ้นมาใหม่ โดยใช้ตัวแบบ MCLP เป็นพื้นฐานเพื่อเพิ่มจำนวนการครอบคลุมจำนวนการเกิดเหตุฉุกเฉินที่ต้องการบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินจาก ALS โดยใช้ BLS และ FR วิ่งไปรับผู้ประสบเหตุก่อน ในกรณีที่ ALS ไม่สามารถเข้าถึงได้ทันเวลาตอบสนอง แล้วให้ BLS หรือ FR นั้นนำผู้ป่วยส่งต่อไปให้กับ ALS ที่ออกมาจากโรงพยาบาล เพื่อให้ผู้ป่วยได้พบกับบริการทางการแพทย์ระดับสูงได้ทันระยะเวลาตอบสนองที่ 8 นาที ซึ่งวิธีนี้ยังไม่พบบางงานวิจัยใดที่มีตัวแบบในลักษณะนี้เลย

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินการวิจัย

#### ขั้นตอนดำเนินงานวิจัยมีดังนี้

- 3.1 รวบรวมข้อมูลและคัดกรองข้อมูลการให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉิน
- 3.2 แบ่งพื้นที่อำเภอเมืองนครราชสีมาออกเป็นตาราง (grid) และบันทึกข้อมูลการให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉินลงในตาราง
- 3.3 สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อเพิ่มการเข้าถึงบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูง
- 3.4 ทดสอบตัวแบบที่ได้ บันทึกผลและสรุปผล

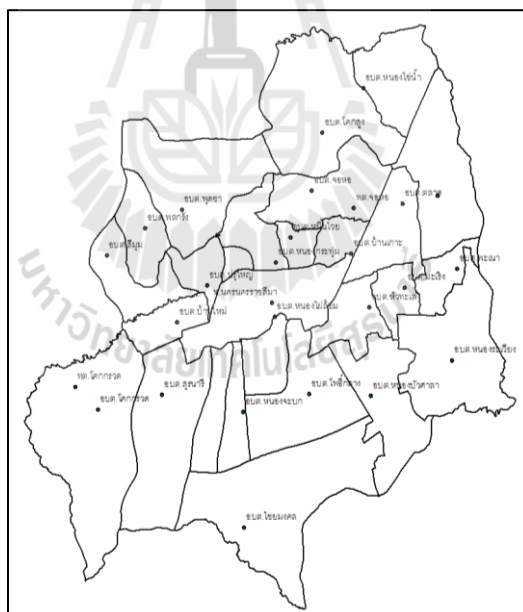
#### 3.1 รวบรวมข้อมูลและคัดกรองข้อมูลการให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉิน

ขั้นตอนของการรวบรวมและคัดกรองข้อมูลการแพทย์ฉุกเฉินนี้ ข้อมูลทั้งหมดได้มาจากโรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมาซึ่งเป็นศูนย์รับแจ้งเหตุและสั่งการประจำจังหวัดนครราชสีมา ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยมีทั้งหมด 4 เดือน ได้แก่ ธันวาคม พ.ศ.2555 มกราคม พ.ศ.2556 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2556 และ มีนาคม พ.ศ.2556 ในการรวบรวมและคัดกรองข้อมูลนี้จะให้ความสำคัญกับสถานที่เกิดเหตุฉุกเฉินเป็นหลักเพื่อนำไประบุหมายเลขพิกัดในแผนที่อำเภอเมืองนครราชสีมาที่แบ่งออกเป็นตารางไว้

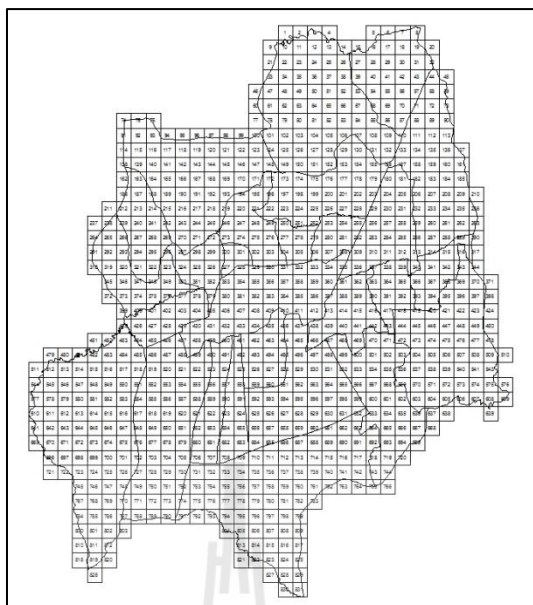
ในการรวบรวมข้อมูลนี้ ข้อมูลบางส่วนที่ไม่สามารถระบุตำแหน่งได้จะถูกตัดออกไป โดยสาเหตุที่ข้อมูลดังกล่าวไม่สามารถระบุตำแหน่งได้เพราะอาจไม่ได้มีการบันทึกสถานที่เกิดเหตุไว้ หรือการจดบันทึกไม่ชัดเจน โดยจะเหลือข้อมูลที่สามารถระบุตำแหน่งได้จำนวนทั้งหมด 2,809 ข้อมูล ซึ่งจากข้อมูลที่เหลืออยู่นำมาคำนวณความเร็วเฉลี่ย พบว่าความเร็วเฉลี่ยของรถฉุกเฉินระดับ ALS มีค่าประมาณ 37.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และรถฉุกเฉินระดับ BLS หรือ FR มีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 45.05 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งความเร็วเฉลี่ยที่คำนวณได้นี้ได้นำมาตั้งแต่วิธีการรับแจ้งเหตุจนถึงชุดปฏิบัติการฉุกเฉินเข้าถึงจุดเกิดเหตุซึ่งก็คือระยะเวลาตอบสนองหรือ Response time

**3.2 แบ่งพื้นที่ของอำเภอเมืองนครราชสีมาออกเป็นตาราง(ตาราง) และบันทึกข้อมูล  
การให้บริการการแพทย์ฉุกเฉิน**

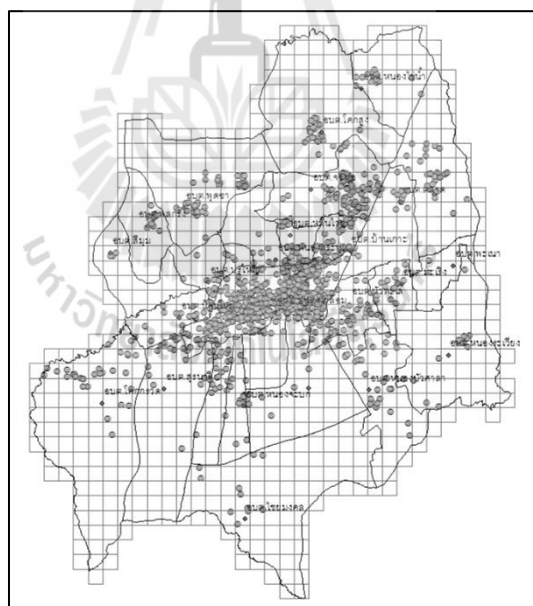
อำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมาที่มีพื้นที่โดยประมาณ 755.6 ตารางกิโลเมตร แบ่งเป็น 25 ตำบลดังรูปที่ 3.1 เนื่องจากตำแหน่งจุดเกิดเหตุที่มีอยู่มากมายหากใช้ตำแหน่งจุดเกิดเหตุทุกจุดมาคำนวณจะทำให้เกิดความซับซ้อนมาก การแบ่งพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมาออกเป็นตาราง จึงถูกนำมาใช้แก้ปัญหาความซับซ้อนเหล่านี้ โดยการแบ่งพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมาออกเป็นตารางนี้ทำโดยแบ่งออกเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1 กิโลเมตร x 1 กิโลเมตร ทำให้แบ่งพื้นที่อำเภอเมืองนครราชสีมาได้ทั้งหมด 831 ตารางการแบ่งพื้นที่ที่ออกเป็นขนาด 1 กิโลเมตร x 1 กิโลเมตรนี้ เมื่อกำหนดหาอัตราเร็ว หรือระยะทางระหว่างจุดศูนย์กลางของตารางถึงตารางข้างกัน จะมีระยะทางเท่ากับ 1 กิโลเมตรพอดี ทำให้ง่ายต่อการคำนวณและบันทึกข้อมูลลงในตารางซึ่งหน่วยที่ได้จากการบันทึกจะเป็นต่อตารางกิโลเมตรซึ่งง่ายคำนวณ การแบ่งพื้นที่อำเภอเมืองนครราชสีมาออกเป็นตารางแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 แผนที่จังหวัดนครราชสีมา

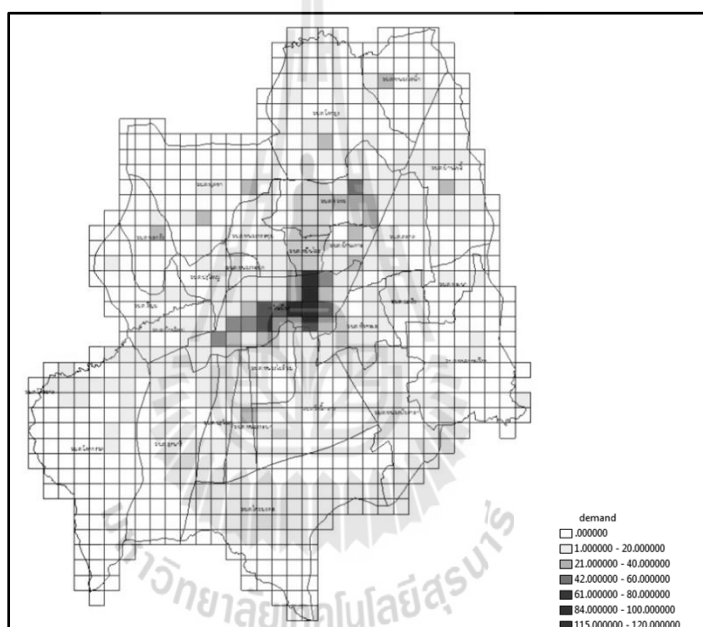


รูปที่ 3.2 การแบ่งพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมาออกเป็นตาราง



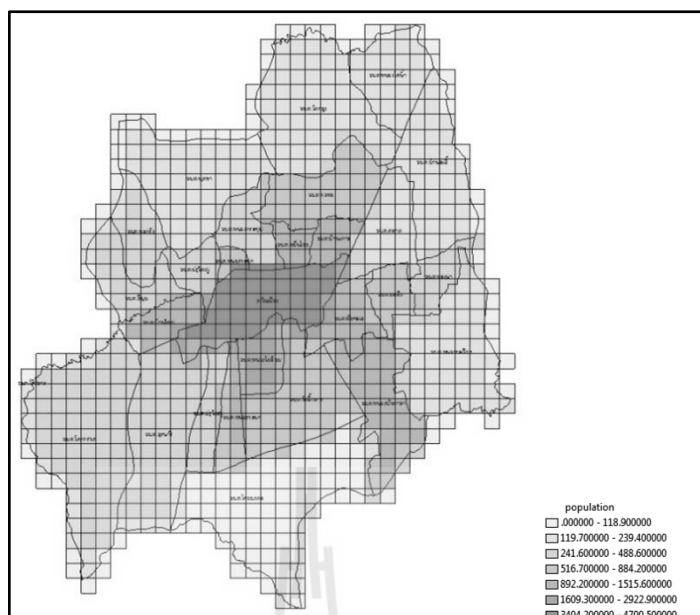
รูปที่ 3.3 ลักษณะการเกิดเหตุอุทกภัย

เมื่อแบ่งพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมาออกเป็นตารางแล้ว ทำการบันทึกข้อมูลที่สามารถระบุตำแหน่งได้ลงในแผนที่ที่ได้แบ่งเป็นตารางนั้น ซึ่งจุดต่าง ๆ ที่เป็นจุดเกิดเหตุ นั้น จะมีลักษณะการจัดกระจายไปตามแต่ละพื้นที่ที่เกิดเหตุดังรูปที่ 3.3 ทำให้มีจุดที่ต้องนำมาคำนวณมากมายและซับซ้อนยากแก่การคำนวณ หากรวมจุดเหล่านั้นเป็นจุดเดียวกันในตารางที่ได้แบ่งไว้แล้ว โดยให้จุดศูนย์กลางของแต่ละตารางเป็นเสมือนตัวแทนของจุดเกิดเหตุเหล่านั้น จะทำให้ความซับซ้อนในการคำนวณลดลง โดยหลังจากบันทึกข้อมูลเรื่องจำนวนการเกิดเหตุลงในแต่ละตารางแล้ว จะได้แผนที่ดังรูปที่ 3.4 ซึ่งข้อมูลจำนวนการเกิดเหตุและความหนาแน่นของประชากรในแต่ละตารางได้แสดงไว้ในภาพผนวก ก

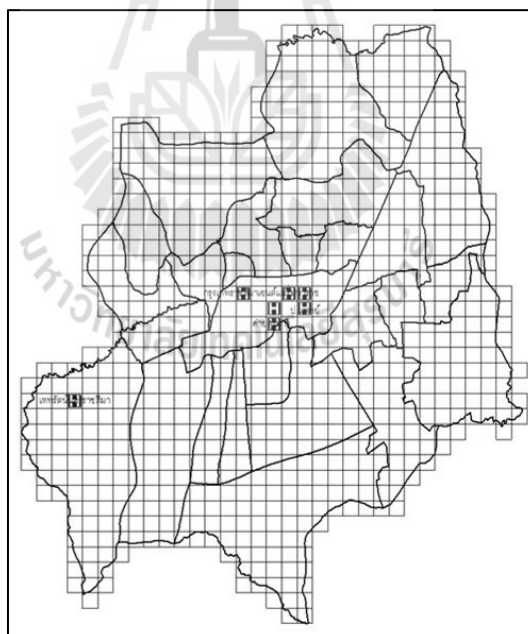


รูปที่ 3.4 จำนวนการเกิดเหตุฉุกเฉิน (ครั้ง)

โดยหลังจากบันทึกข้อมูลการเกิดเหตุฉุกเฉินดังในรูปที่ 3.4 แล้ว ทำการบันทึกที่เหลือลงไป โดยข้อมูลที่เหลือนี้นี้ประกอบด้วย ความหนาแน่นของประชากรโดยเฉลี่ยดังรูปที่ 3.5 ตำแหน่งของ ALS ที่ประจำอยู่ ณ โรงพยาบาลต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.6 และตำแหน่งของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล เทศบาลตำบล องค์การบริหารส่วนตำบล และหน่วยอาสาสมัครทางการแพทย์ฉุกเฉินที่เป็นที่ตั้งของ BLS และ FR ดังรูปที่ 3.7

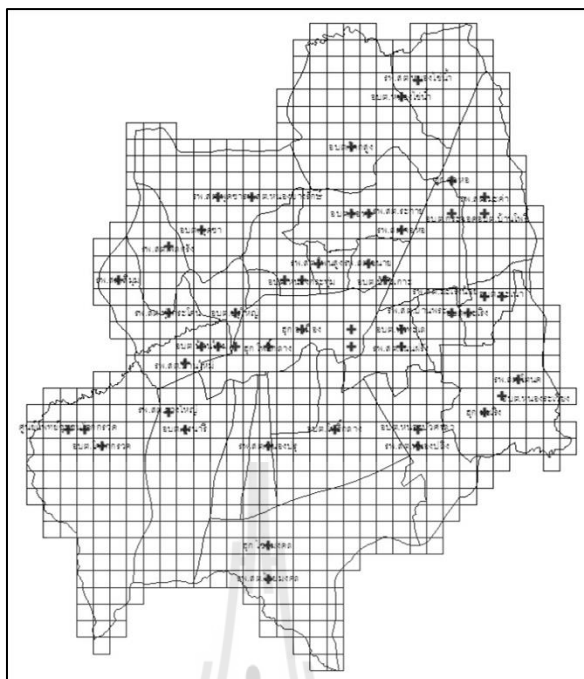


รูปที่ 3.5 ความหนาแน่นของประชากรเฉลี่ย (คนต่อตารางกิโลเมตร)



รูปที่ 3.6 ตำแหน่งของ ALS





รูปที่ 3.7 ตำแหน่งของ BLS และ FR

โดยตำแหน่งชุดปฏิบัติการฉุกเฉินในการวิจัยนี้ได้แบ่งออกเป็นสองประเภทคือ ALS และ BLS หรือ FR รายชื่อชุดปฏิบัติการแต่ละประเภทยังมีดังนี้

ALS ได้แก่

1. โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา
2. โรงพยาบาลเซนต์แมรี
3. โรงพยาบาลโคราชเมมโมเรียล
4. โรงพยาบาล ป.แพทย์
5. โรงพยาบาลเทพรัตนนครราชสีมา
6. โรงพยาบาลกรุงเทพราชสีมา
7. โรงพยาบาลค่ายสุรนารี

BLS หรือ FR ได้แก่

1. จุดบริการสุข31 ในเมือง
2. จุดบริการสุข31 โคกกรวด
3. จุดบริการสุข31 จอหอ
4. จุดบริการสุข31 โพธิ์กลาง

5. จุดบริการสุข31 มะเร็ง
6. จุดบริการสุข31 ไชยมงคล
7. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองไข่น้ำ
8. องค์การบริหารส่วนตำบลหนองไข่น้ำ
9. องค์การบริหารส่วนตำบลโคกสูง
10. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลพุดซา
11. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองยางรักษ์
12. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมะค่า
13. องค์การบริหารส่วนตำบลจอหอ
14. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลระทาย
15. องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านโพธิ์
16. องค์การบริหารส่วนตำบลพุดซา
17. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลจอหอ
18. องค์การบริหารส่วนตำบลกระดอ
19. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลพลกรัง
20. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลโพนสูง
21. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลขนาย
22. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลสีมูม
23. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองกระทุ่ม
24. องค์การบริหารส่วนตำบลหนองกระทุ่ม
25. องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านเกาะ
26. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมะเร็งน้อย
27. องค์การบริหารส่วนตำบลพะเนา
28. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลทุ่งกระโดน
29. องค์การบริหารส่วนตำบลปรุใหญ่
30. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านพระ
31. องค์การบริหารส่วนตำบลมะเริง
32. ศูนย์แพทย์ชุมชนทุ่งสว่าง
33. องค์การบริหารส่วนตำบลหัวทะเล
34. องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านใหม่

35. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลศีรษะละเรียง
36. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหลักร้อย
37. ศูนย์แพทย์ชุมชนหัวทะเล
38. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลโนนฝรั่ง
39. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านใหม่
40. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลโตนด
41. องค์การบริหารส่วนตำบลหนองระเวียง
42. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลยางใหญ่
43. ศูนย์แพทย์ชุมชนโคกกรวด
44. เทศบาลตำบลโคกกรวด
45. องค์การบริหารส่วนตำบลสุรนารี
46. องค์การบริหารส่วนตำบลโพธิ์กลาง
47. องค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัวศาลา
48. องค์การบริหารส่วนตำบลโคกกรวด
49. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองปรุ
50. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองปลิง
51. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลไชยมงคล

### 3.3 สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อเพิ่มการเข้าถึงบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูง

เมื่อได้บันทึกข้อมูลต่าง ๆ ลงในแผนที่ที่ถูกแบ่งออกเป็นตารางแล้ว จากนั้นสร้างตัวแบบเพื่อปรับปรุงจำนวนการครอบคลุมการเกิดเหตุฉุกเฉินจากบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงนี้ไว้สองตัวแบบคือ

- **ตัวแบบยกระดับ** คือ ตัวแบบที่จะยกระดับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล เทศบาลตำบล องค์การบริหารส่วนตำบล หรือหน่วยอาสาสมัครทางการแพทย์ฉุกเฉินใด ๆ ที่เป็นที่ตั้งของ BLS หรือ FR ให้เป็น ALS
- **ตัวแบบส่งต่อ** คือ ตัวแบบที่จัดสรรตำแหน่ง BLS หรือ FR ให้ช่วยวิ่งรับผู้ป่วยและส่งต่อผู้ให้กับ ALS ที่มาจากโรงพยาบาลให้ทันภายในเวลา 8 นาที

โดยตัวแบบทั้งสองมีสมมติฐานเบื้องต้นดังนี้

1. ALS สามารถให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉินได้ทุกระดับความรุนแรงของเหตุฉุกเฉิน

2. ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินแต่ละชุดมีศักยภาพการรักษาเท่าเทียมกันในแต่ละประเภท
3. ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินแต่ละชุดจะอยู่ประจำที่รถฉุกเฉินชนิดนั้น ๆ ตามพื้นที่ที่กำหนดให้ โดย ALS จะประจำอยู่ที่โรงพยาบาล โดย BLS หรือ FR จะประจำอยู่ที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล เทศบาลตำบล องค์การบริหารส่วนตำบล และจุดจอดของหน่วยอาสาสมัครทางการแพทย์ฉุกเฉินต่าง ๆ
4. ความเร็วของรถฉุกเฉินในแต่ละประเภทจะวิ่งด้วยความเร็วคงที่เท่ากันในแต่ละประเภทตลอดเวลา และไม่มีปัจจัยจากสภาพการจราจร สภาพถนน และสภาพอากาศ
5. การคิดคำนวณเวลาจากจุดถึงจุดจะใช้เวลาเฉลี่ยจากจุดกึ่งกลางตารางถึงจุดกึ่งกลางตาราง
6. BLS ซึ่งมีศักยภาพสูงกว่า FR นั้น กำหนดให้มีหน้าที่วิ่งรับส่งผู้ป่วยเช่นเดียวกับ FR เท่านั้น

### 3.3.1 ตัวแบบยกระดับ

เพราะทุกตำบลในอำเภอนครราชสีมามีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล เทศบาลตำบล หรือองค์การบริหารตำบล รวมถึงอาจจะมีหน่วยอาสาสมัครทางการแพทย์ฉุกเฉินอยู่ในพื้นที่ ซึ่งสถานที่ดังกล่าวจะอยู่ใกล้กับชุมชน แต่สถานที่เหล่านั้นจะมีเพียงแค่ BLS หรือ FR เท่านั้น หากมีการยกระดับชุดปฏิบัติการฉุกเฉินดังกล่าวให้เป็น ALS แล้ว ผู้ป่วยฉุกเฉินที่ ALS จากโรงพยาบาลมาถึงไม่ทันภายในระยะเวลาตอบสนองที่ 8 นาทีนี้ จะสามารถได้รับการบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงจาก ALS ที่อยู่ใกล้บ้านที่ได้รับการยกระดับดังกล่าวได้ โดยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้สร้างตัวแบบยกระดับ BLS หรือ FR เป็น ALS คือตัวแบบ MCLP นั่นเอง ซึ่งตัวแบบ MCLP เป็นดังนี้

#### ตัวแบบยกระดับ (ตัวแบบ MCLP)

สมการเป้าหมาย

$$Max. = \left[ \sum_{i \in V} d_i y_i^{ALS} \right] \quad (3-1)$$

สมการและอสมการข้อจำกัด

$$\sum_{j \in W_i^{ALS}} x_j \geq y_i^{ALS} \quad (3-2)$$

$$\sum_{j \in U} x_j = q \quad (3-3)$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7 = 1 \quad (3-4)$$

$$y_i^{ALS} \in \{0,1\}, i \in V \quad (3-5)$$

$$x_j \in \{0,1\}, j \in U \quad (3-6)$$

$$W_i^{ALS} = \{j \in U | t_{ji} \leq 8\} \quad (3-7)$$

โดย	$i$	คือ	จุดศูนย์กลางตารางใด ๆ ที่บรรจุข้อมูลด้านการแพทย์ฉุกเฉิน
	$j$	คือ	ตำแหน่ง ALS
	$U$	คือ	เซตของตำแหน่ง ALS
	$V$	คือ	เซตของจุดใด ๆ ที่บรรจุข้อมูลด้านการแพทย์ฉุกเฉิน
	$d_i$	คือ	จำนวนการเกิดเหตุฉุกเฉินที่จุด $i$
	$q$	คือ	จำนวนที่ตั้ง ALS

$$x_j = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อจุด } j \text{ มี ALS อยู่} \\ 0 & \text{เมื่อจุด } j \text{ ไม่มี ALS อยู่} \end{cases}$$

$$y_i^{ALS} = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อจุด } i \text{ มี ALS เข้าถึงภายใน 8 นาที} \\ 0 & \text{เมื่อจุด } i \text{ ไม่มี ALS เข้าถึงภายใน 8 นาที} \end{cases}$$

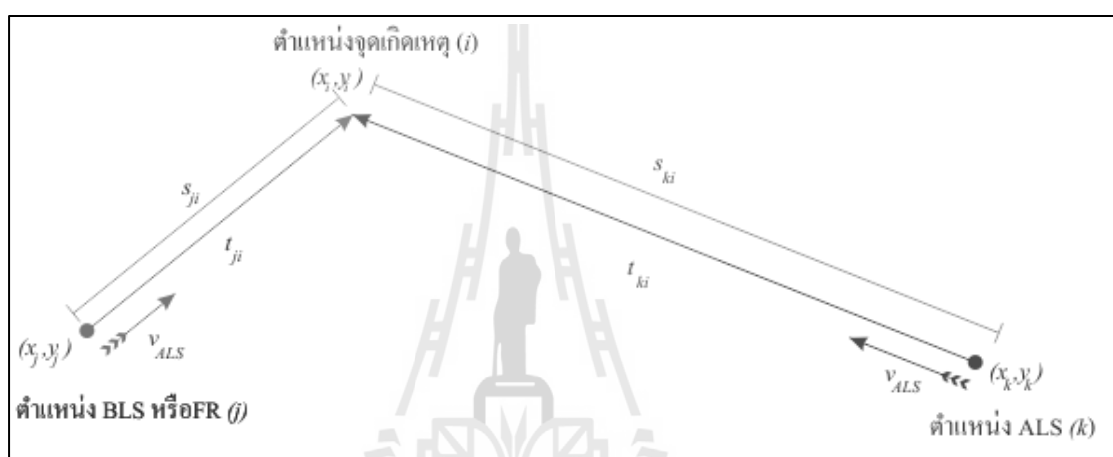
ซึ่งตัวแปร  $x_j$  ของจุดที่เป็นที่ตั้งของ ALS คือ  $x_1$  (โรงพยาบาลมหาราชานครราชสีมา),  $x_2$  (โรงพยาบาลเซนต์แมรี),  $x_3$  (โรงพยาบาลโคราชเมมโมเรียล),  $x_4$  (โรงพยาบาล ป.แพทย์),  $x_5$  (โรงพยาบาลเทพรัตนนครราชสีมา),  $x_6$  (โรงพยาบาลกรุงเทพราชสีมา),  $x_7$  (โรงพยาบาลค่ายสุร

นารี), และจุดที่เป็นที่ตั้ง BLS หรือ FR ที่จะยกระดับเป็น ALS คือ  $x_8$  (จุดบริการสุข31 ในเมือง),  $x_9$  (จุดบริการสุข31 โคกกรวด),  $x_{10}$  (จุดบริการสุข31 จอหอ),  $x_{11}$  (จุดบริการสุข31 โพธิ์กลาง),  $x_{12}$  (จุดบริการสุข31 มะเรียง),  $x_{13}$  (จุดบริการสุข31 ไชยมงคล),  $x_{14}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองไข่น้ำ),  $x_{15}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลหนองไข่น้ำ),  $x_{16}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลโคกสูง),  $x_{17}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลพุดซา),  $x_{18}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองยางรักย์),  $x_{19}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมะค่า),  $x_{20}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลจอหอ),  $x_{21}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลระทาย),  $x_{22}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านโพธิ์),  $x_{23}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลพุดซา),  $x_{24}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลจอหอ),  $x_{25}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลกระเจ็ด),  $x_{26}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลพลกรัง),  $x_{27}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลโพนสูง),  $x_{28}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลขนาย),  $x_{29}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลสีม),  $x_{30}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองกระทุ่ม),  $x_{31}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลหนองกระทุ่ม),  $x_{32}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านเกาะ),  $x_{33}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมะเรียงน้อย),  $x_{34}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลพะเนา),  $x_{35}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลทุ่งกระโดน),  $x_{36}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลปรุใหญ่),  $x_{37}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านพระ),  $x_{38}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลมะเรียง),  $x_{39}$  (ศูนย์แพทย์ชุมชนทุ่งสว่าง),  $x_{40}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลหัวทะเล),  $x_{41}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านใหม่),  $x_{42}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลศิระละเรียง),  $x_{43}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหลักร้อย),  $x_{44}$  (ศูนย์แพทย์ชุมชนหัวทะเล),  $x_{45}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลโนนฝรั่ง),  $x_{46}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านใหม่),  $x_{47}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลโดนด),  $x_{48}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลหนองระเวียง),  $x_{49}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลยางใหญ่),  $x_{50}$  (ศูนย์แพทย์ชุมชนโคกกรวด),  $x_{51}$  (เทศบาลตำบลโคกกรวด),  $x_{52}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลสุนรี),  $x_{53}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลโพธิ์กลาง),  $x_{54}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัวศาลา),  $x_{55}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลโคกกรวด),  $x_{56}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองปรู),  $x_{57}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองปลิง) และ  $x_{58}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลไชยมงคล)

ตัวแบบยกระดับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจะหาตำแหน่งที่จะยกระดับ BLS หรือ FR ให้เป็น ALS ให้ครอบคลุมปริมาณการเกิดเหตุฉุกเฉินมากที่สุดจากสมการที่ (3-1) ภายใต้ข้อจำกัดเรื่องจำนวน ALS ที่มีอยู่  $q$  แห่ง ดังข้อจำกัดที่ (3-3) โดยมี ALS เดิมที่อยู่โรงพยาบาลอยู่แล้ว 7 แห่ง ดังสมการที่ (3-4) มีตัวแปร  $y_i^{ALS}$  ในสมการที่ (3-5) ที่จะมีค่าเป็น 1 เมื่อจุด  $i$  มี ALS จากจุด  $k$  ใด ๆ เข้าถึงได้ภายใน 8 นาที และมีค่าเป็น 0 เมื่อไม่มี ALS จากจุด  $k$  ใด ๆ เข้าถึงได้ภายใน 8 นาที โดยจะมี  $x_j$  ในสมการที่ (3-6) เป็นตัวแปรตัดสินใจที่จะกำหนดจุดที่ตั้งของ BLS หรือ FR ยกระดับเป็น

ALS จากของเดิมที่มีอยู่ 7 แห่ง โดยจะมีค่าเป็น 1 เมื่อจุด  $j$  นั้นได้รับการพิจารณากระดับเป็นที่ตั้ง ALS และเป็น 0 เมื่อจุดนั้นไม่ได้รับการพิจารณากระดับเป็นที่ตั้ง ALS โดยจุด  $i$  ที่ได้รับบริการ การแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงจะต้องมี ALS เข้าถึงได้ภายใน 8 นาทีจากเงื่อนไขสมการที่ (3-7) ภายใต้ เงื่อนไขการให้บริการ ALS ในสมการที่ (3-2)

การคำนวณหาระยะเวลาตอบสนองนั้น ใช้ความสัมพันธ์ของความเร็ว ระยะทาง และเวลา จากสูตร  $v = \frac{s}{t}$  ซึ่งระยะทางและเวลาต่าง ๆ แสดงไว้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ระยะทางและระยะเวลาจากชุดปฏิบัติการฉุกเฉินไปยังจุดเกิดเหตุ

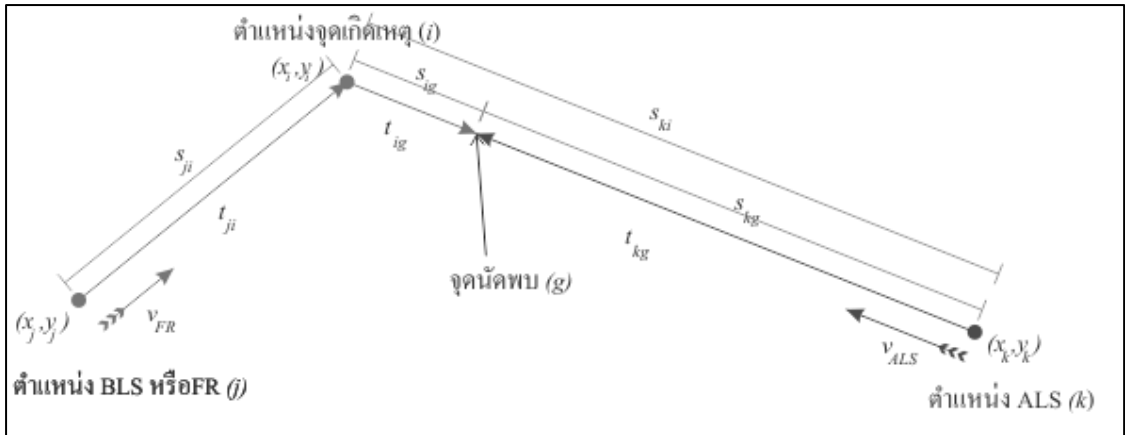
ระยะทางจากที่ตั้ง ALS ที่มีอยู่แล้วที่จุด  $k$  ใด ๆ ไปยังจุดเกิดเหตุฉุกเฉินที่  $i$  ใด ๆ ( $s_{ki}$ ) นั้นหาได้จาก  $s_{ki} = \sqrt{(x_k - x_i)^2 + (y_k - y_i)^2}$  และระยะทาง BLS หรือ FR ที่จะยกระดับเป็น ALS ที่จุด  $j$  ใด ๆ ไปจุดเกิดเหตุที่  $i$  ใด ๆ ( $s_{ji}$ ) หาได้จาก  $s_{ji} = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}$  ดังนั้น ระยะเวลาจากตำแหน่ง ALS ที่มีอยู่แล้วที่จุด  $k$  และ BLS หรือ FR ที่จะยกระดับเป็น ALS ที่จุด  $j$  ไปหาจุดเกิดเหตุ  $i$  หาได้จาก  $t_{ki} = \frac{s_{ki}}{v_{ALS}}$  และ  $t_{ji} = \frac{s_{ji}}{v_{ALS}}$  ตามลำดับ โดยความเร็วของรถฉุกเฉิน ระดับ ALS ( $v_{ALS}$ ) ที่ใช้ในการคำนวณนี้หาได้จากความเร็วเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้เก็บบันทึกไว้ซึ่งมีค่าประมาณ 37.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การคำนวณระยะทางและระยะเวลาต่าง ๆ นั้นใช้โปรแกรมสำเร็จรูป EXCEL ซึ่งตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้เป็นดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 การใช้โปรแกรมสำเร็จรูป EXCEL คำนวณระยะทางและระยะเวลาระหว่าง ALS  
BLS และ FR กับจุดเกิดเหตุฉุกเฉินต่าง ๆ

### 3.3.2 ตัวแบบส่งต่อ

ถึงแม้การยกระดับที่ตั้ง BLS หรือ FR ที่มีกระจายอยู่ทั่วไปในพื้นที่อำเภอเมือง นครราชสีมาเพื่อให้เป็นที่ตั้ง ALS นั้นจะสามารถเพิ่มการครอบคลุมจำนวนเหตุฉุกเฉินได้ แต่ในความเป็นจริงแล้ว ALS ไม่ใช่มีเพียงตัวรถฉุกเฉินและอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงได้เท่านั้น บุคลากรที่ประจำอยู่บนรถฉุกเฉินก็เป็นสิ่งขาดไม่ได้ สาเหตุสำคัญที่ทำให้ ALS ที่มีขีดความสามารถในการให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงมักจะจอดอยู่ที่โรงพยาบาลก็เนื่องมาจากบุคลากรประจำรถฉุกเฉินระดับ ALS นั้น ส่วนใหญ่เป็นบุคลากรของโรงพยาบาลนั่นเอง หากจัด ALS ไว้นอกโรงพยาบาลเพื่อรับรองเหตุฉุกเฉินที่ไม่สามารถคาดเดาได้นั้น ย่อมเป็นการสูญเสียทั้งในด้านเวลา ค่าใช้จ่าย และประสิทธิภาพ อีกทั้งการเพิ่มจำนวน ALS ก็ใช้งบประมาณที่สูง แนวทางการปรับปรุงจึงมีอีกหนึ่งแนวทางคือ การนำ BLS หรือ FR มาช่วยรับผู้ประสบเหตุแล้วนำส่งต่อไปกับ ALS ที่ออกมารับผู้ป่วยไม่ทันระยะเวลาตอบสนอง 8 นาที โดยเมื่อใดก็ตามที่เกิดพบผู้ป่วยฉุกเฉิน ประเมินแล้วว่า ALS ไปจุดเกิดเหตุไม่ทันเวลา 8 นาที ก็ให้ BLS หรือ FR ที่มีอยู่กระจายในแต่ละพื้นที่ออกไปที่จุดเกิดเหตุก่อน จากนั้นทำการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยแล้วส่งต่อไปกับ ALS ที่ออกมาจากโรงพยาบาลอีกที ทั้งนี้ก็เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถเข้าถึงการให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงภายในเวลา 8 นาทีได้เช่นกัน ดังรูปที่ 3.10





รูปที่ 3.10 แนวคิดตัวแบบส่งต่อ

จากรูปที่ 3.10 เมื่อพิจารณาตำแหน่งความต้องการที่จุด  $i$  ซึ่งมีผู้ป่วยฉุกเฉินที่ต้องการบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงจาก ALS ที่จอดที่จุด  $k$  ซึ่งไม่สามารถไปถึงได้ภายใน 8 นาที BLS หรือ FR ณ จุด  $j$  ที่สามารถเข้าถึงได้ก่อนจะออกไปปฏิบัติการ ณ จุด  $i$  ทันทีและเมื่อไปรับผู้ป่วยที่จุด  $i$  เรียบร้อยแล้ว จะทำการส่งต่อให้กับ ALS ที่วิ่งออกมาจากจุด  $k$  ที่จุดนัดพบ  $g$

ระยะเวลาที่ BLS หรือ FR จากจุด  $j$  ไปยังจุดเกิดเหตุ  $i$  คือ  $t_{ji}$  รวมกับระยะเวลาจากจุด  $i$  ไปถึงจุดนัดพบ  $g$  คือ  $t_{ig}$  เป็นขั้นตอนที่จะใช้เวลารวมกันเท่ากับระยะเวลาตอบสนองที่ไม่เกิน 8 นาที หรือ  $t_{ji} + t_{ig} \leq 8$  โดยการจะหาค่า  $t_{ji}$  และ  $t_{ig}$  นั้น หาได้จากความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้  $s_{ji}$  คือระยะทางจาก BLS หรือ FR ( $j$ ) ใด ๆ ไปยังตำแหน่งจุดเกิดเหตุ  $i$   $s_{ig}$  คือระยะทางจาก BLS หรือ FR ที่ออกจากจุด  $i$  ไปยังจุดส่งต่อ  $g$   $s_{kg}$  คือระยะทางจาก ALS ไปถึงจุดส่งต่อ  $s_{ki}$  คือระยะทางจาก ALS ที่จุด  $k$  ไปยังตำแหน่งจุดเกิดเหตุ  $i$  ข้างต้น โดยมีความเร็วรถฉุกเฉินระดับ ALS คือ  $v_{ALS}$  และความเร็วรถฉุกเฉินระดับ BLS หรือ FR คือ  $v_{FR}$  ซึ่งมีค่าเท่ากับ 36.7 และ 45.05 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตามลำดับ ดังนั้นเพื่อให้ระยะเวลาตอบสนองนี้ไม่เกิน 8 นาที หรือ  $t_{ji} + t_{ig} \leq 8$  หาค่า  $t_{ji}$  และ  $t_{ig}$  ได้ดังนี้

ระยะเวลาที่ BLS หรือ FR เดินทางจากที่ตั้งไปยังจุดเกิดเหตุ ( $t_{ji}$ ) หาจาก

$$t_{ji} = \frac{s_{ji}}{v_{FR}} \quad (3-8)$$

โดยระยะทางจากที่ตั้ง BLS หรือ FR ไปจุดเกิดเหตุ ( $s_{ji}$ ) หาจาก

$$s_{ji} = \sqrt{(x_j^2 - x_i^2) + (y_j^2 - y_i^2)} \quad (3-9)$$

แทน (3-9) ใน (3-8) จะได้

$$t_{ji} = \frac{\sqrt{(x_j^2 - x_i^2) + (y_j^2 - y_i^2)}}{v_{FR}} \quad (3-10)$$

เพราะระยะทางจากจุดที่ตั้ง ALS ไปจุดเกิดเหตุ ( $s_{ki}$ ) มีค่าเท่ากับระยะทางที่ BLS หรือ FR รับผู้ป่วย เพื่อมาส่งต่อที่จุดนัดพบ ( $s_{ig}$ ) รวมกับระยะทางจากที่ตั้ง ALS มาที่จุดนัดพบ ( $s_{kg}$ ) จะได้  $s_{ki} = s_{ig} + s_{kg}$  ทำให้หา  $t_{ig}$  ได้ดังนี้

$$\text{เพราะ } s_{ki} = s_{ig} + s_{kg}$$

$$s_{ki} = v_{FR} t_{ig} + v_{ALS} (t_{ji} + t_{ig})$$

$$s_{ki} = v_{FR} t_{ig} + v_{ALS} t_{ji} + v_{ALS} t_{ig}$$

$$s_{ki} - v_{ALS} t_{ji} = v_{FR} t_{ig} + v_{ALS} t_{ig}$$

$$(v_{FR} + v_{ALS}) t_{ig} = s_{ki} - v_{ALS} t_{ji}$$

$$\therefore t_{ig} = \frac{s_{ki} - v_{ALS} t_{ji}}{v_{FR} + v_{ALS}} \quad (3-11)$$

$$\text{เพราะ } s_{ki} = \sqrt{(x_k - x_i)^2 + (y_k - y_i)^2} \quad (3-12)$$

แทนค่า (3-12) ใน (3-11) จะได้

$$t_{ig} = \frac{\sqrt{(x_k - x_i)^2 + (y_k - y_i)^2} - v_{ALS} t_{ji}}{v_{FR} + v_{ALS}} \quad (3-13)$$

เพื่อให้ระยะเวลาตอบสนองไม่เกิน 8 นาที

$$t_{ji} + t_{ig} \leq 8 \quad (3-14)$$

แทนค่า (3-10) และ (3-13) ลงใน (3-14) จะได้

$$\frac{\sqrt{(x_j^2 - x_i^2) + (y_j^2 - y_i^2)}}{v_{FR}} + \frac{\sqrt{(x_k - x_i)^2 + (y_k - y_i)^2} - v_{ALS} t_{ji}}{v_{FR} + v_{ALS}} \leq 8 \quad (3-15)$$

เมื่อได้ระยะเวลาจากจุดต่าง ๆ แล้ว สามารถสร้างตัวแบบส่งต่อได้ดังนี้

### ตัวแบบส่งต่อ

สมการเป้าหมาย

$$Max. = \left[ \sum_{i \in V} d_i y_i^{FR} \right] + \left[ \sum_{i \in V} d_i y_i^{ALS} \right] \quad (3-16)$$

สมการและอสมการข้อจำกัด

$$\sum_{k \in W_i^{ALS}} m_k \geq y_i^{ALS} \quad (3-17)$$

$$\sum_{j \in W_i^{FR}} x_j \geq y_i^{FR} \quad (3-18)$$

$$\sum_{k \in Z} m_k = q \quad (3-19)$$

$$m_1, m_2, m_3, \dots, m_q = 1 \quad (3-20)$$

$$\sum_{j \in U} x_j = p \quad (3-21)$$

$$W_i^{ALS} = \{k \in Z | t_{ki} \leq 8\} \quad (3-22)$$

$$W_i^{FR} = \{j \in U | t_{ji} + t_{ig} \leq 8 \text{ and } t_{ki} > 8\} \quad (3-23)$$

$$y_i^{ALS} \in \{0,1\}, i \in V \quad (3-24)$$

$$y_i^{FR} \in \{0,1\}, i \in V \quad (3-25)$$

$$x_j \in \{0,1\}, j \in U \quad (3-26)$$

$$m_k \in \{0,1\}, k \in Z \quad (3-27)$$

โดย	$i$	คือ	จุดศูนย์กลางตารางใด ๆ ที่บรรจุข้อมูลด้านการแพทย์ฉุกเฉิน
	$j$	คือ	จุดที่ตั้ง BLS หรือ FR
	$k$	คือ	ตำแหน่ง ALS
	$U$	คือ	เซตของตำแหน่ง BLS หรือ FR
	$V$	คือ	เซตของจุดใด ๆ ที่บรรจุข้อมูลด้านการแพทย์ฉุกเฉิน
	$Z$	คือ	เซตของที่ตั้ง ALS
	$d_i$	คือ	จำนวนการเกิดเหตุฉุกเฉินที่จุด $i$
	$c_i$	คือ	จำนวนประชากรที่อาศัยอยู่ที่จุด $i$
	$p$	คือ	จำนวนที่ตั้ง BLS หรือ FR ในตัวแบบส่งต่อ
	$q$	คือ	จำนวนที่ตั้ง ALS (จำนวนโรงพยาบาล)
	$x_j$	=	$\begin{cases} 1 & \text{เมื่อจุด } j \text{ มี BLS หรือ FR อยู่} \\ 0 & \text{เมื่อจุด } j \text{ ไม่มี BLS หรือ FR อยู่} \end{cases}$
	$m_k$	=	$\begin{cases} 1 & \text{เมื่อจุด } k \text{ มี ALS อยู่} \\ 0 & \text{เมื่อจุด } k \text{ ไม่มี ALS อยู่} \end{cases}$

$$y_i^{ALS} = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อจุด } i \text{ มี ALS เข้าถึงภายใน 8 นาที} \\ 0 & \text{เมื่อจุด } i \text{ ไม่มี ALS เข้าถึงภายใน 8 นาที} \end{cases}$$

$$y_i^{FR} = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อจุด } i \text{ มี BLS หรือ FR สามารถส่งต่อผู้ป่วย} \\ & \text{ให้ ALS ภายใน 8 นาที} \\ 0 & \text{เมื่อจุด } i \text{ ไม่มี BLS หรือ FR สามารถส่งต่อผู้ป่วย} \\ & \text{ให้ ALS ภายใน 8 นาที} \end{cases}$$

โดยตัวแปร  $m_k$  นั้นเป็นจุดที่เป็นที่ตั้งของ ALS ประกอบด้วย  $m_1$  (โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนครราชสีมา),  $m_2$  (โรงพยาบาลเซนต์แมรี),  $m_3$  (โรงพยาบาลโคราชเมมโมเรียล),  $m_4$  (โรงพยาบาลป.แพทย์),  $m_5$  (โรงพยาบาลเทพรัตนนครราชสีมา),  $m_6$  (โรงพยาบาลกรุงเทพราชสีมา),  $m_7$  (โรงพยาบาลค่ายสุรนารี) และตัวแปร  $x_j$  ที่เป็นที่ตั้ง BLS หรือ FR ประกอบด้วย  $x_1$  (จุดบริการฉุกเฉินในเมือง),  $x_2$  (จุดบริการฉุกเฉิน โคกกรวด),  $x_3$  (จุดบริการฉุกเฉิน จอหอ),  $x_4$  (จุดบริการฉุกเฉิน โพธิ์กลาง),  $x_5$  (จุดบริการฉุกเฉิน มะเรียง),  $x_6$  (จุดบริการฉุกเฉิน ไชยมงคล),  $x_7$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองไข่น้ำ),  $x_8$  (องค์การบริหารส่วนตำบลหนองไข่น้ำ),  $x_9$  (องค์การบริหารส่วนตำบลโคกสูง),  $x_{10}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลพุดซา),  $x_{11}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองยางรักย์),  $x_{12}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมะค่า),  $x_{13}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลจอหอ),  $x_{14}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลระทาย),  $x_{15}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านโพธิ์),  $x_{16}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลพุดซา),  $x_{17}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลจอหอ),  $x_{18}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลกระโดน),  $x_{19}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลพลกรัง),  $x_{20}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลโพนสูง),  $x_{21}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลขนาย),  $x_{22}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลสีม),  $x_{23}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองกระทุ่ม),  $x_{24}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลหนองกระทุ่ม),  $x_{25}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านเกาะ),  $x_{26}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมะเรียงน้อย),  $x_{27}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลพะเนา),  $x_{28}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลทุ่งกระโดน),  $x_{29}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลปรุใหญ่),  $x_{30}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านพระ),  $x_{31}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลมะเรียง),  $x_{32}$  (ศูนย์แพทย์ชุมชนทุ่งสว่าง),  $x_{33}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลหัวทะเล),  $x_{34}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านใหม่),  $x_{35}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลศิระละเรียง),  $x_{36}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหลักร้อย),  $x_{37}$  (ศูนย์แพทย์ชุมชนหัวทะเล),  $x_{38}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลโนนฝรั่ง),  $x_{39}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้าน

ใหม่),  $x_{40}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลโดนด),  $x_{41}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลหนองระเวียง),  $x_{42}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลยางใหญ่),  $x_{43}$  (ศูนย์แพทย์ชุมชนโคกกรวด),  $x_{44}$  (เทศบาลตำบลโคกกรวด),  $x_{45}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลสุรนารี),  $x_{46}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลโพธิ์กลาง),  $x_{47}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัวศาลา),  $x_{48}$  (องค์การบริหารส่วนตำบลโคกกรวด),  $x_{49}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองปรุ),  $x_{50}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองปลิง) และ  $x_{51}$  (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลไชยมงคล)

ตัวแบบส่งต่อนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดจุดที่ตั้ง BLS หรือ FR เพื่อรับผู้ป่วยและส่งต่อให้กับ ALS ที่มีจำกัดให้ครอบคลุมจำนวนผู้ป่วยเพื่อให้ได้รับบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงจาก ALS มากที่สุด ซึ่งบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงนี้จะมาจากสองส่วนคือ จาก ALS ที่อยู่โรงพยาบาลโดยตรง และจากการส่งต่อผู้ป่วยจาก BLS หรือ FR ให้กับ ALS ดังสมการที่ (3-16) โดยมีตัวแปร  $y_i^{ALS}$  จากสมการที่ (3-24) มีค่าเป็น 1 เมื่อจุด  $i$  นั้นมี ALS จากโรงพยาบาล  $k$  ใด ๆ อย่างน้อย 1 แห่งเข้าถึงจุด  $i$  นั้นได้ภายใน 8 นาที โดยสมการที่ (3-17) จะเป็นตัวกำหนดว่าหากจุด  $i$  ดังกล่าวได้รับบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงจาก ALS จากจุด  $k$  ภายใน 8 นาทีจากเงื่อนไขที่ (3-22) หรือไม่ โดยหากตัวแปรกำหนดที่ตั้ง ALS ( $m_k$ ) ในสมการที่ (3-27) มีค่าเท่ากับ 1 (มี ALS ตั้งที่จุด  $k$ ) จะส่งผลให้  $y_i^{ALS}$  เป็น 1 ได้ ซึ่งหมายถึงจุด  $i$  นั้นได้จะมี ALS เข้าถึงภายใน 8 นาที และหาก  $m_k$  มีค่าเท่ากับ 0 (ไม่มี ALS ตั้งอยู่ที่จุด  $k$ ) จะส่งผลให้  $y_i^{ALS}$  เป็น 0 ด้วย หมายถึงจุด  $i$  นั้นจะไม่มี ALS เข้าถึงภายใน 8 นาที ซึ่งในกรณีอำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมาจะมีจำนวนของที่ตั้ง ALS รวมเท่ากับ 7 แห่ง ( $q=7$ ) ดังสมการที่ (3-19) โดยทุกจุดจะมี ALS ให้บริการอยู่ทั้งหมด ดังสมการที่ (3-20)

ตัวแบบส่งต่อจะมีตัวแปร  $x_j$  ในสมการที่ (3-26) เป็นตัวแปรตัดสินใจในการหาตำแหน่งที่ตั้ง BLS หรือ FR เพื่อการส่งต่อ กล่าวคือ หากที่จุด  $j$  ซึ่งเป็นที่ตั้ง BLS หรือ FR ตั้งอยู่สามารถส่งต่อผู้ป่วยที่จุด  $i$  ซึ่งไม่มี ALS เข้าถึงภายใน 8 นาที แต่สามารถทำการส่งต่อได้ภายใน 8 นาที ( $x_j$  มีค่าเท่ากับ 1) ดังข้อจำกัดที่ (3-23) ค่าของ  $y_i^{ALS}$  จากสมการที่ (3-25) จะมีค่าเป็น 1 ซึ่งถ้าจุด  $i$  ไม่มี ALS เข้าถึงและ BLS และ FR สามารถส่งต่อได้ทันภายในเวลา 8 นาทีแล้ว  $y_i^{ALS}$  จะเป็น 0 ตามในข้อจำกัดที่ (3.18) ซึ่งจำนวนจุดของ BLS หรือ FR ที่ต้องการหามีค่าเท่ากับ  $p$  แห่ง ดังสมการที่ (3-21)

## บทที่ 4

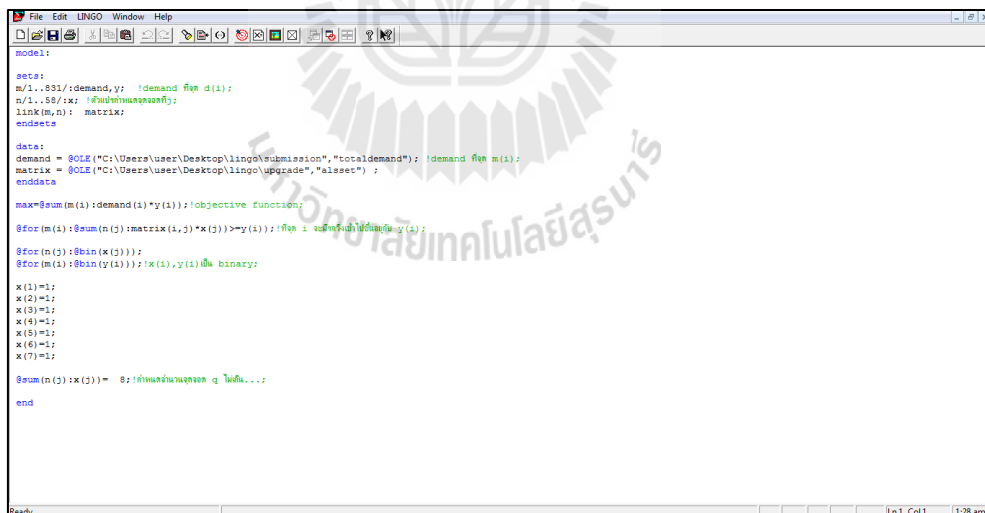
### ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล

#### 4.1 ผลการวิจัย

เมื่อนำข้อมูลต่าง ๆ ในบทที่ 3 มาทำการทดสอบโดยการนำโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO Version 11 มาใช้ในการหาผลลัพธ์ จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

##### 4.1.1 ผลลัพธ์แบบยกระดับ

ทดสอบตัวแบบยกระดับโดยให้มีเพียง ALS จากโรงพยาบาล 7 แห่งที่ให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงเท่านั้น ( $x_1, x_2, x_3, \dots, x_7=1$ ) เพื่อเป็นข้อมูลไว้เปรียบเทียบกับก่อนและหลังการปรับปรุงโดยกำหนดผลรวมของรถฉุกเฉิน  $q$  ให้เท่ากับ 7 แห่งเท่ากับจำนวนจุดจอดของรถที่ประจำอยู่โรงพยาบาลพอดี ดังรูปที่ 4.1



```
model:
sets:
  m/1..831/:demand,y; !demand ถึง d(i);
  n/1..83/:x; !จำนวนรถฉุกเฉิน;
  link(m,n): matrix;
endsets

data:
  demand = @OLE('C:\Users\user\Desktop\lingo\submission','totaldemand'); !demand ถึง m(i);
  matrix = @OLE('C:\Users\user\Desktop\lingo\upgrade','asset');
enddata

max=@sum(m(i):demand(i)*y(i));!objective function;

@for(m(i):@sum(n(j):matrix(i,j)*x(j))>=y(i));!ถึง 1 จะต้องมีรถฉุกเฉิน y(i);

@for(n(j):@bin(K(2)));
@for(m(i):@bin(y(i)));!x(i),y(i) เป็น binary;

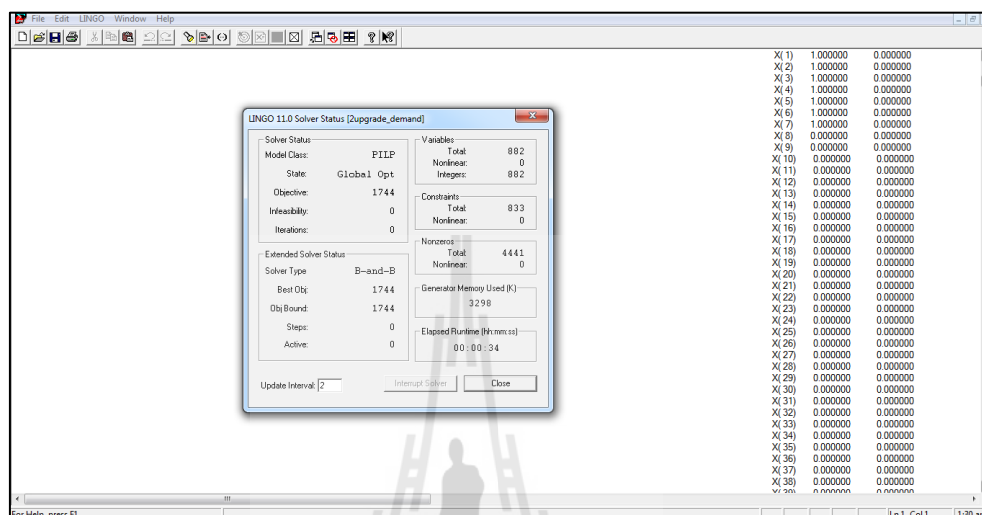
x(1)=1;
x(2)=1;
x(3)=1;
x(4)=1;
x(5)=1;
x(6)=1;
x(7)=1;

@sum(n(j):x(j))= 8;!กำหนดจำนวนจุดจอด q ให้พอดี...;

end
```

รูปที่ 4.1 การใช้โปรแกรมสำเร็จรูป LINGO คำนวณหาจำนวนการครอบคลุมเหตุฉุกเฉินจากตัวแบบยกระดับ

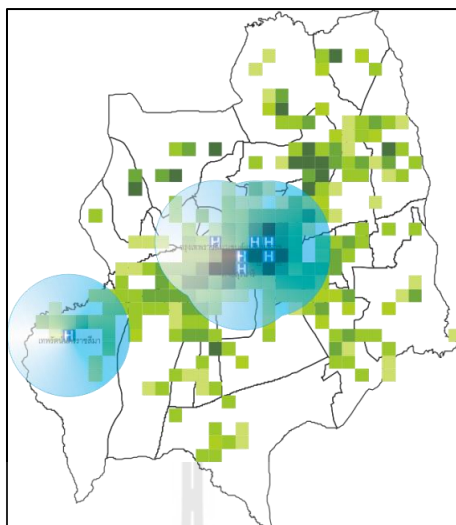
เมื่อทดสอบตัวแบบยกระดับด้วยโปรแกรม LINGO แล้ว จะได้ผลรวมของจำนวนการเกิดเหตุฉุกเฉินที่ ALS จากโรงพยาบาล 7 แห่งนี้สามารถเข้าถึงได้ภายใน 8 นาทีเท่ากับ 1,744 กรณี จากทั้งหมด 2,809 กรณี คิดเป็น 62.09% ซึ่งผลลัพธ์นี้แสดงถึงสถานการณ์ปัจจุบันที่ยังไม่มีการปรับปรุง



รูปที่ 4.2 ผลลัพธ์การครอบคลุมจำนวนการเกิดเหตุฉุกเฉินก่อนการปรับปรุงด้วยตัวแบบยกระดับด้วยโปรแกรม LINGO

จากภาพที่ 4.2 จากตัวโปรแกรมจะเห็นได้ว่าค่าตัวแปร  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_7$  ของโรงพยาบาลที่ได้กำหนดให้เป็นที่ตั้ง ALS มีค่าเท่ากับ 1 ตามที่ได้กำหนดไว้ และผลรวมของจำนวนเหตุที่ถูกครอบคลุมโดย ALS จะมีค่าเท่ากับ 1,744

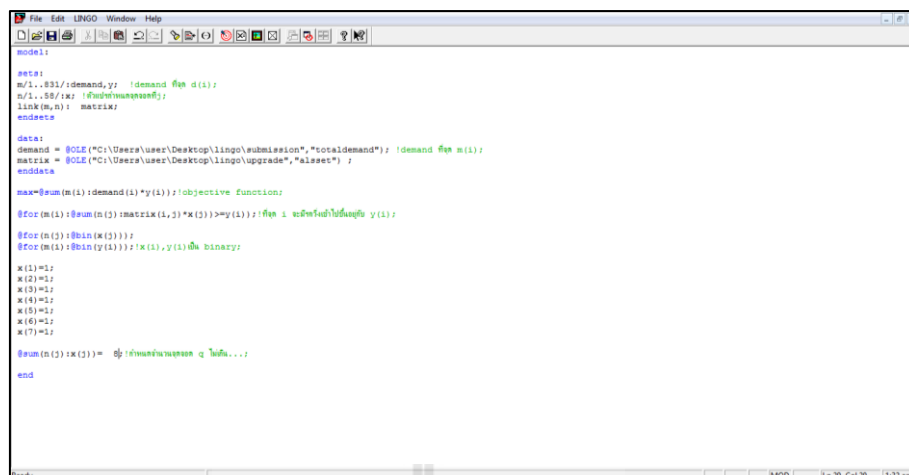




รูปที่ 4.3 ภาพแสดงผลลัพธ์การครอบคลุมจำนวนการเกิดเหตุฉุกเฉินก่อนการปรับปรุง

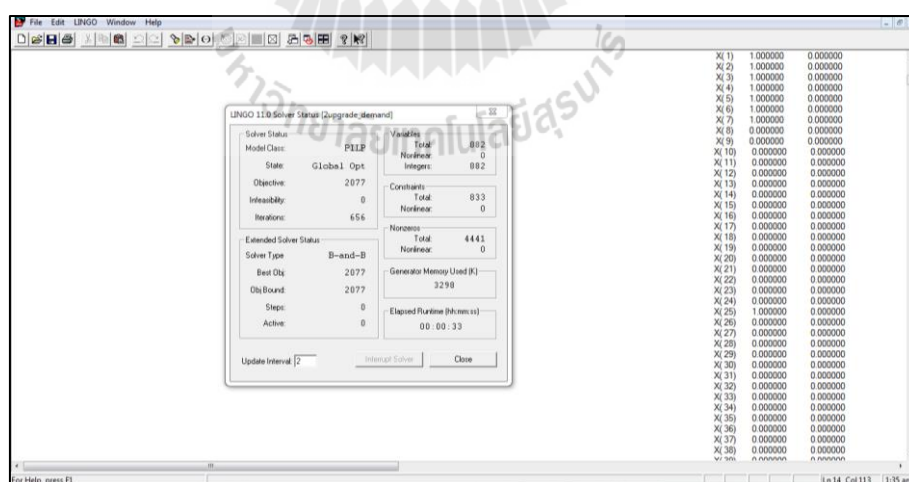
จากรูปที่ 4.3 การครอบคลุมเหตุฉุกเฉินนี้สามารถแสดงด้วยพื้นที่ของอำเภอเมือง นครราชสีมาที่ได้แบ่งเป็นตารางซึ่งได้บันทึกข้อมูลการแพทย์ฉุกเฉินไว้ก่อนหน้านี้ โดยพื้นที่ สีเหลืองจัดรัสสีเขียวคือบริเวณที่มีการเกิดเหตุฉุกเฉิน หากสีเหลืองรูปใดมีวงกลมสีฟ้าคลุมอยู่ นั้น หมายความว่าบริเวณนั้นจะมี ALS ให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงได้ภายในเวลาตอบสนอง 8 นาที ซึ่งในเบื้องต้นที่ทำการทดสอบนี้ วงกลมสีฟ้าที่ครอบคลุมตำแหน่งของการเกิดฉุกเฉินจะมาจากโรงพยาบาล 7 แห่งเท่านั้น โดยการครอบคลุมคิดเป็น 62.09% ของจำนวนการเกิดเหตุฉุกเฉิน ทั้งหมด ซึ่งยังมีบริเวณจุดเกิดเหตุ (สีเขียว) อื่น ๆ ที่ยังไม่ได้รับการบริการทางการแพทย์ฉุกเฉิน ระดับสูงอยู่

จากนั้นทำการยกระดับ BLS และ FR เป็น ALS ด้วยการเพิ่มค่าของ  $q$  (จำนวนรวมของที่ตั้ง ALS) จากเดิมที่เท่ากับ 7 ให้เป็น 8 โดยค่าที่  $q$  ที่เพิ่มขึ้นจาก 7 นี้ จะหมายถึงจำนวนที่ตั้ง BLS หรือ FR ที่จะยกระดับเป็น ALS นั้นเอง ซึ่งสามารถแก้ค่าของ  $q$  ได้ดังในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การยกระดับ BLS หรือ FR 1 แห่งเป็น ALS ด้วยโปรแกรม LINGO

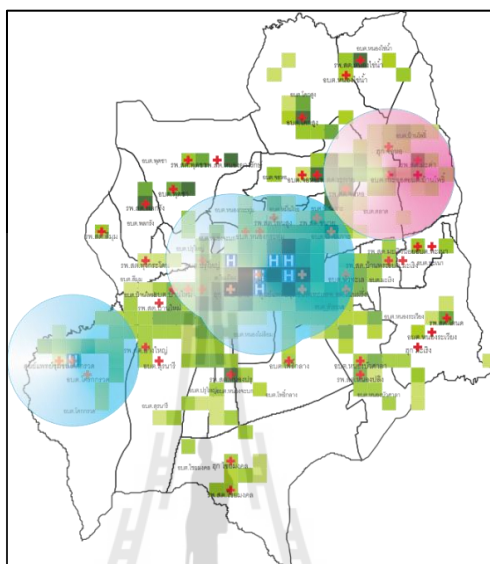
จากรูปที่ 4.4 จะเห็นว่าได้มีการเพิ่มผลรวมของจำนวนจุดที่เป็น ALS เป็น 8 จุด โดยการเพิ่มค่าของ  $q$  เป็น 8 จาก  $@sum(n(j):x(j))=8$  แล้ว จำนวน ALS ที่มี 8 จุดนี้ ประกอบด้วย 7 จุดจาก ALS ที่โรงพยาบาลทั้ง 7 แห่งเดิม และจะมีอีก 1 จุดที่ตัวโปรแกรมจะหาเพิ่ม เพื่อให้ครอบคลุมจำนวนการเกิดเหตุฉุกเฉินให้มากที่สุดภายในเวลา 8 นาที จากนั้นเมื่อทำการทดสอบโปรแกรมจะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ผลลัพธ์ตัวแบบยกระดับ BLS หรือ FR เป็น ALS เพิ่มอีก 1 แห่งด้วยโปรแกรม LINGO

จากรูปที่ 4.5 พบว่าปริมาณการเกิดเหตุฉุกเฉินที่เข้าถึงการให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงภายในเวลา 8 นาทีจากการยกระดับ BLS หรือ FR เป็น ALS นี้ เพิ่มขึ้นเป็น 2,077 กรณี

โดยมีองค์การบริหารส่วนตำบลระนองถูกยกระดับเป็นที่ตั้ง ALS โดยผลลัพธ์จากโปรแกรมคู่ได้จาก ตัวแปร  $x_{25}$  ที่เป็นที่ตั้งขององค์การบริหารส่วนตำบลระนองมีค่าเป็น 1 นอกเหนือจาก  $x_p, x_r, x_3, \dots, x_7$  ที่กำหนดให้เท่ากับ 1 อยู่แล้ว



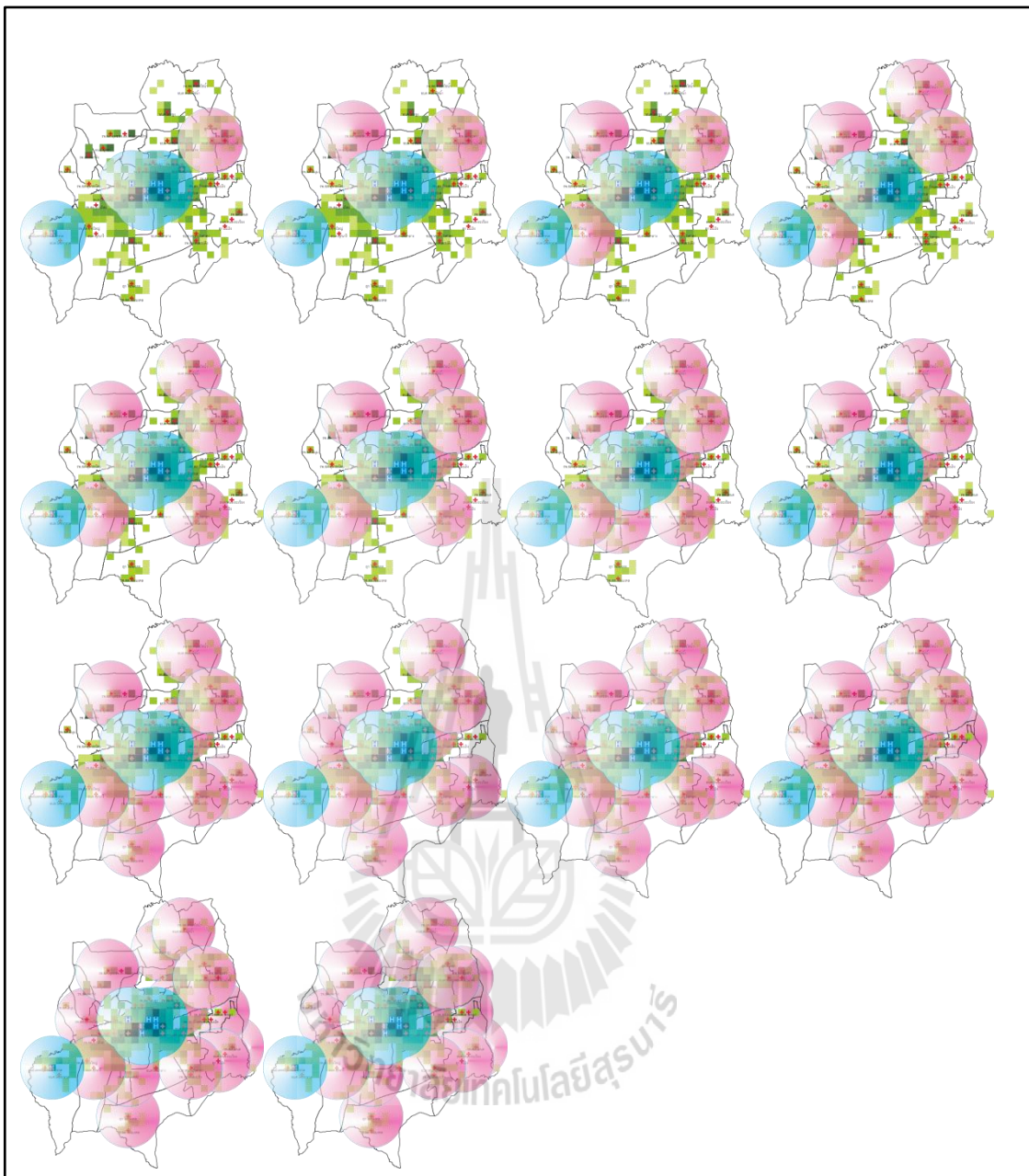
รูปที่ 4.6 ภาพแสดงผลการยกระดับองค์การบริหารส่วนตำบลระนองเป็นที่ตั้ง ALS

จากรูปที่ 4.6 ผลของการยกระดับ BLS หรือ FR ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลระนองคือ มีการครอบคลุมปริมาณการเกิดเหตุฉุกเฉินมากขึ้นจากพื้นที่สีชมพูที่ครอบคลุมบริเวณจุดเกิดเหตุสีเขียว จากนั้นทำการเพิ่มค่าของ  $q$  (จำนวนผลรวมของที่ตั้ง ALS) ทีละ 1 ไปเรื่อย ๆ แล้วบันทึกผล ผลลัพธ์ที่ได้เป็นดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลลัพธ์การทดสอบตัวแบบยกระดับ

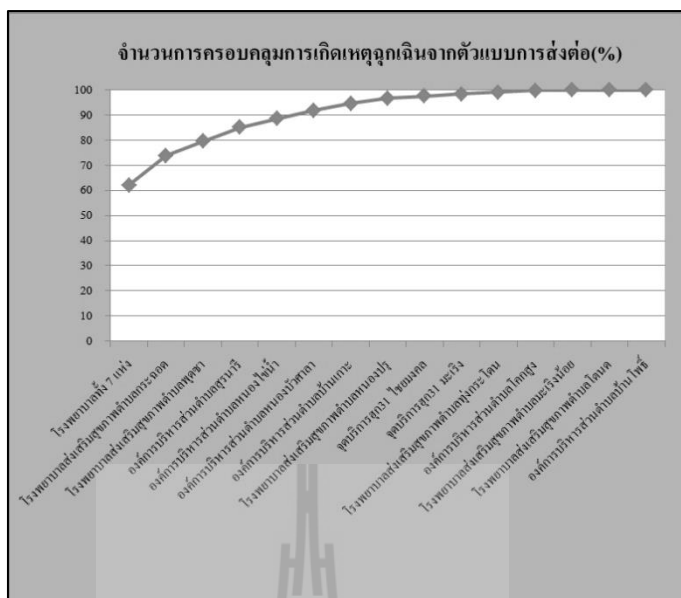
ตำแหน่งชุดปฏิบัติการฉุกเฉิน	จำนวนเหตุ ที่ครอบคลุม	เกิดเป็น%	%ที่เพิ่มขึ้น
โรงพยาบาลทั้ง 7 แห่ง	1744	62.09	62.09
องค์การบริหารส่วนตำบลกระฉูด	2077	73.94	11.85
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลพุดซา	2233	79.49	5.55
องค์การบริหารส่วนตำบลสุรนารี	2389	85.05	5.56
องค์การบริหารส่วนตำบลหนองไข่น้ำ	2488	88.57	3.52
องค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัวศาลา	2581	91.88	3.31
องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านเกาะ	2659	94.66	2.78
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองปรู	2715	96.65	1.99
จุดบริการสุข31 ไชยมงคล	2743	97.65	1.00
จุดบริการสุข31 มะเรียง	2766	98.47	0.82
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลทุ่งกระโดน	2785	99.15	0.68
องค์การบริหารส่วนตำบลโคกสูง	2803	99.79	0.64
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมะเรียงน้อย	2807	99.93	0.14
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลโคนด	2808	99.96	0.03
องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านโพธิ์	2809	100.00	0.04

จากตารางที่ 4.1 พบว่า เมื่อเริ่มต้นทำการทดสอบตัวแบบให้มีเพียง ALS จากโรงพยาบาลเพียง 7 แห่งจึงไปปรับผู้ประสบเหตุฉุกเฉิน จะมีเปอร์เซ็นต์การเข้าถึงการบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงนี้ภายในระยะเวลาตอบสนอง 8 นาทีเท่ากับ 62.09% และเมื่อเพิ่มจำนวนที่ตั้ง ALS ที่เกิดจากยกระดับของที่ตั้งชุดปฏิบัติการระดับฉุกเฉินระดับ BLS หรือ FR ทีละจุด จำนวนการเข้าถึงการบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงภายในระยะเวลา 8 นาทีเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึง 100% ซึ่งจุดที่ตั้งของ BLS หรือ FR ที่ถูกยกระดับเป็น ALS มีทั้งสิ้น 14 จุด



รูปที่ 4.7 ภาพแสดงผลลัพธ์การครอบคลุมจำนวนเหตุฉุกเฉินด้วยตัวแบบยกระดับ

จากรูปที่ 4.7 การครอบคลุมจำนวนการเกิดเหตุฉุกเฉินนั้น สามารถดูได้จากแผนที่อำเภอเมืองนครราชสีมาที่ได้แบ่งเป็นตาราง ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเพิ่ม ALS จากการยกระดับขึ้นมา 1 แห่ง หมายถึงจะมีวงกลมสีชมพูเพิ่มขึ้นอีก 1 วง ซึ่งวงกลมนี้จะครอบคลุมพื้นที่สีเขียวที่แสดงถึงจำนวนการเกิดเหตุฉุกเฉินได้เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของจำนวนการครอบคลุมจำนวนการเกิดเหตุฉุกเฉินดูได้จากรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเพิ่มขึ้นของการครอบคลุมการเกิดเหตุฉุกเฉินจากตัวแบบยกระดับ

#### 4.1.2 ผลลัพธ์จากตัวแบบส่งต่อ

จากข้อมูลการเกิดเหตุฉุกเฉินเดิม นำมาทดสอบด้วยตัวแบบส่งต่อ โดยทดสอบด้วยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป LINGO เช่นเดียวกัน โดยตัวแบบนี้จะมี ALS จากโรงพยาบาล 7 แห่ง ให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงเช่นเดิม แต่ได้เพิ่มจุดที่จะตั้ง BLS หรือ FR เพื่อวิ่งรับและส่งต่อผู้ป่วยให้กับ ALS ที่ออกมาจากโรงพยาบาล ซึ่งโปรแกรมเป็นดังรูปที่ 4.9

```

File Edit LINGO Window Help
Model:
sets:
n/1..55/:demand,y; {demand ถึง 1;
n/1..55/:x; {จุดที่ขอส่งต่อถึง 3;
h/1..55/:hospital,z;
link(m,n):matrix;
endsets

data:
demand = @OLE("C:\Users\user\Desktop\lingo\submission", "totaldemand"); {demand ถึง m(1);
hospital = @OLE("C:\Users\user\Desktop\lingo\submission", "hospital"); {hospital ถึง h(1);
matrix = @OLE("C:\Users\user\Desktop\lingo\submission", "matrix"); {matrix ถึง m(1);
enddata

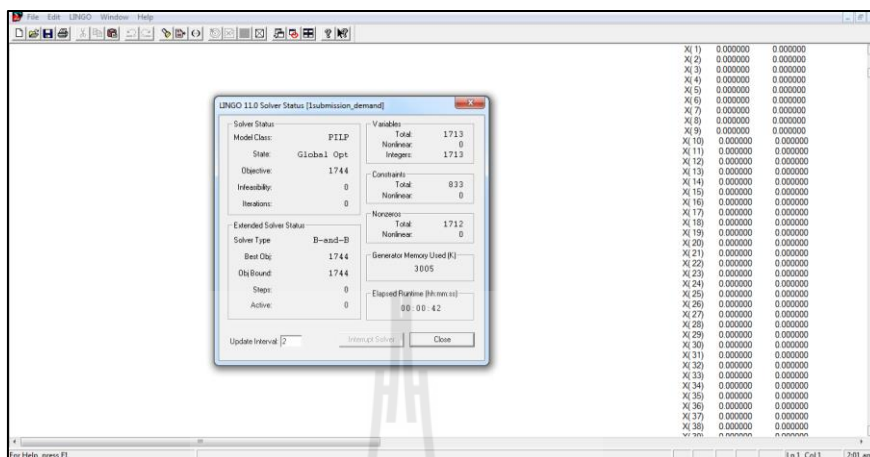
(objective function)
max=@sum(m(1):demand(i)*y(i))+@sum(m(1):demand(i)*hospital(i));

@for(m(1):@sum(m(2):matrix(i,j)*x(j))>=y(i)); {ถึง 1 และให้ค่าให้ y(i);
@for(m(2):@bin(x(2)));
@for(m(1):@bin(y(1)));
@for(h(k):@bin(z(k))); {m(2),y(1),z(k) เป็น binary;
@sum(m(2):x(2))=0; { p = จำนวนรถส่งต่อ z: ถึงไม่ได้;
end

```

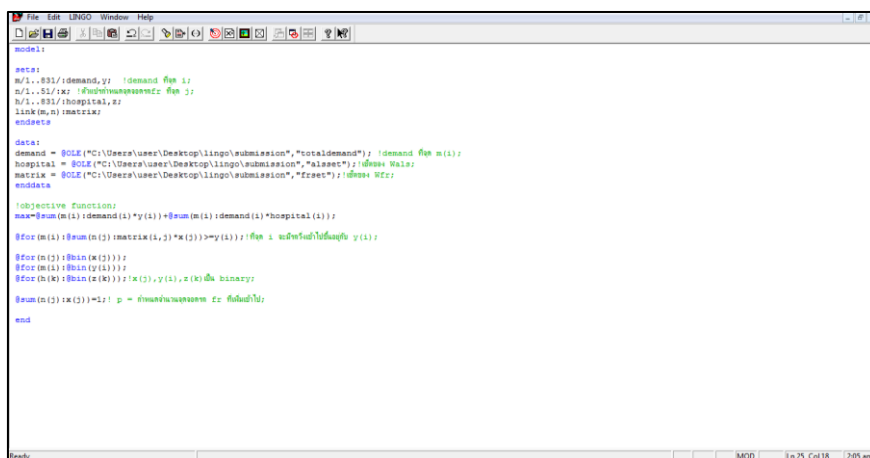
รูปที่ 4.9 การใช้โปรแกรมสำเร็จรูป LINGO หาจำนวนการครอบคลุมเหตุฉุกเฉินจากตัวแบบส่งต่อ

เมื่อทดสอบโดยให้มีเพียง ALS จากโรงพยาบาล 7 แห่งเท่านั้นที่ให้บริการการแพทย์ระดับสูงนี้ และยังไม่มีการส่งต่อผู้ป่วยจาก BLS หรือ FR ( $p=0$ ) ( $@\text{sum}(n(j):x(j))=0$ ) จะผลลัพธ์ได้ดังภาพ



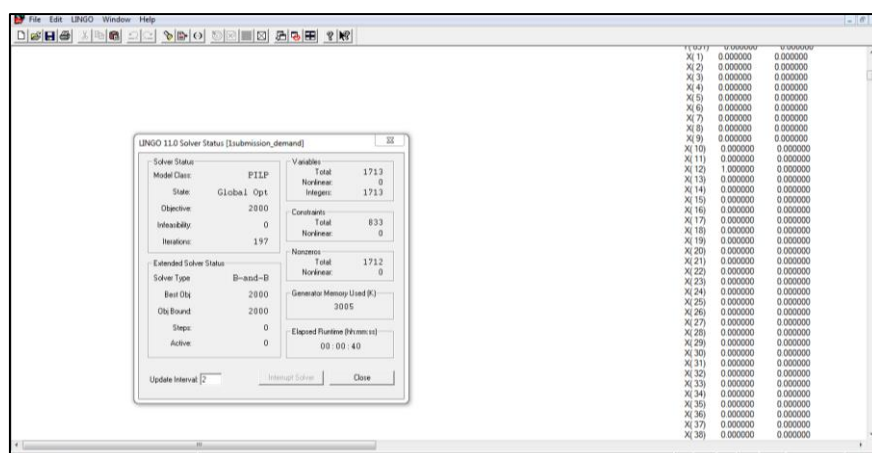
รูปที่ 4.10 ผลลัพธ์การครอบคลุมจำนวนเหตุฉุกเฉินจากตัวแบบส่งต่อโดยไม่ได้เพิ่ม BLS หรือ FR

จากภาพที่ 4.10 พบว่าหากยังไม่มี BLS หรือ FR มาวิ่งรับส่งต่อผู้ป่วยและมีเพียง ALS จากโรงพยาบาลเพียง 7 แห่งเท่านั้น จะมีปริมาณการครอบคลุมจำนวนเหตุฉุกเฉินที่เกิดขึ้นเท่ากับ 1,744 ครั้งเช่นเดียวกับตัวแบบที่ทดสอบก่อนหน้านี้ แต่เมื่อทำการทดสอบตัวแบบส่งต่ออีกครั้ง โดยเพิ่มจำนวน BLS หรือ FR เพิ่มขึ้น 1 จุดด้วยการเพิ่มค่า  $p$  เท่ากับให้เท่ากับ 1 ( $@\text{sum}(n(j):x(j))=1$ ) ดังรูปที่ 4.11 ผลลัพธ์ที่ได้ปรากฏดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.11 การเพิ่มค่าของ  $p$  (จำนวนที่ตั้ง BLS หรือ FR เพื่อส่งต่อผู้ป่วย)





รูปที่ 4.12 ผลการทดสอบตัวแบบส่งต่อโดยเพิ่ม BLS หรือ FR 1 แห่ง

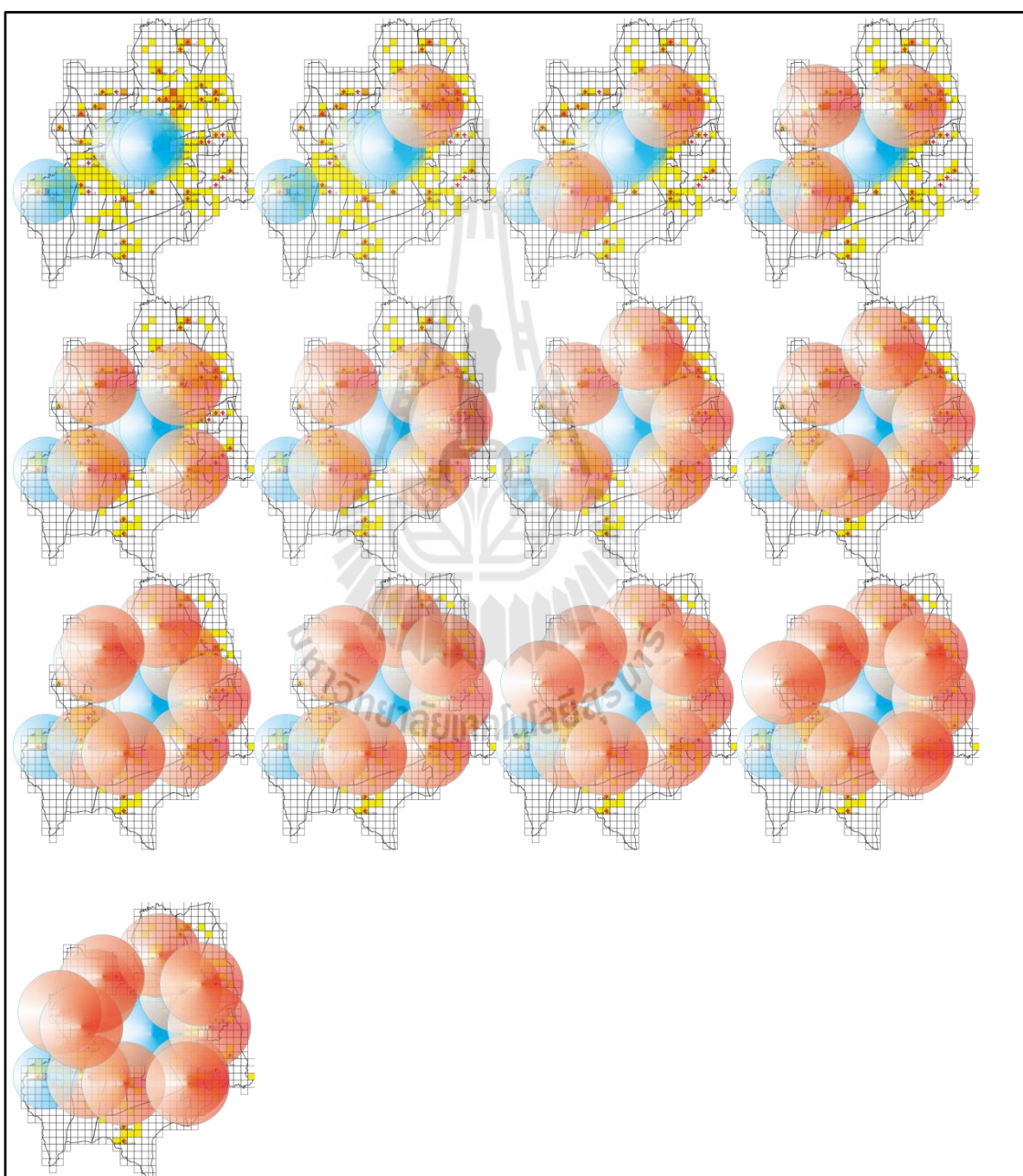
จากรูปที่ 4.12 พบว่าปริมาณการเกิดเหตุฉุกเฉินที่ถูกครอบคลุมโดยการส่งต่อจาก BLS หรือ FR ให้กับ ALS นั้นเพิ่มขึ้นเป็น 2,000 จากการตั้งชุดปฏิบัติการฉุกเฉินระดับ BLS หรือ FR ที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลละค่า ซึ่งดูจากค่าของ  $x_{12}$  มีค่าเท่ากับ 1 และเมื่อทดสอบซ้ำด้วยการเพิ่มจำนวนจุดที่ตั้ง BLS หรือ FR หรือค่า  $p$  ที่ละ 1 แล้ว จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์การทดสอบตัวแบบส่งต่อ

ตำแหน่งชุดปฏิบัติการฉุกเฉิน	จำนวนเหตุที่ครอบคลุม	คิดเป็น%	%ที่เพิ่มขึ้น
ALS จากโรงพยาบาล 7 แห่ง	1744	62.09	62.09
<b>ตำแหน่ง BLS หรือ FR ที่เพิ่มเข้าไป</b>			
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลจอหอ	1984	70.63	8.54
องค์การบริหารส่วนตำบลสุรนารี	2140	76.18	5.55
องค์การบริหารส่วนตำบลพุดชา	2250	80.10	3.92
องค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัวศาลา	2332	83.02	2.92
องค์การบริหารส่วนตำบลมะเริง	2373	84.48	1.46
องค์การบริหารส่วนตำบลโคกสูง	2411	85.83	1.35
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลหนองปรุ	2449	87.18	1.35
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลพุดชา	2477	88.18	1.00
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลกระถอด	2503	89.11	0.93
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลสีมูม	2512	89.43	0.32
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลหนองปลิง	2515	89.53	0.10
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลทุ่งกระโดน	2517	89.61	0.08

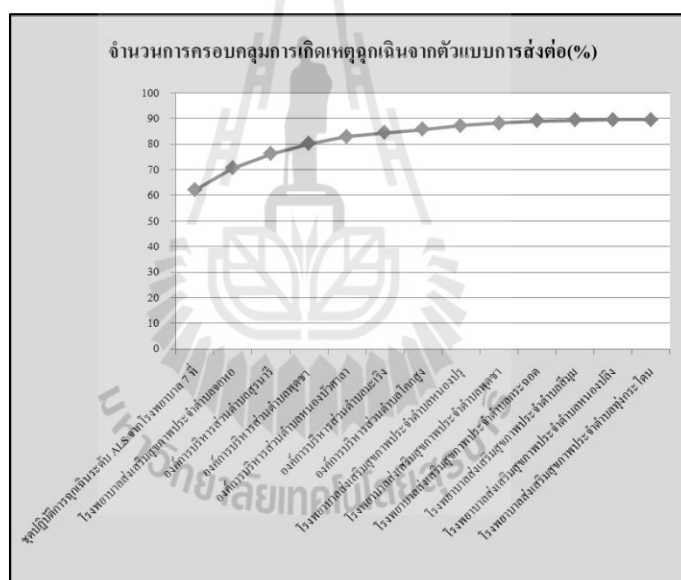


จากตารางที่ 4.2 พบว่า เมื่อทำการทดสอบตัวแบบโดยการเพิ่มตำแหน่ง BLS หรือ FR เพื่อรับผู้ประสบเหตุและส่งต่อที่ละจุดไปเรื่อย ๆ พบว่าเปอร์เซ็นต์การเข้าถึงบริการการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงภายในระยะเวลาตอบสนอง 8 นาทีของผู้ป่วยเพิ่มขึ้นได้ถึง 89.61% โดยมีจำนวน BLS หรือ FR รวม 12 จุดที่เพิ่มเข้าไปเพื่อรับและส่งต่อผู้ป่วย ซึ่งลักษณะการเพิ่มจำนวนการครอบคลุมจำนวนการเกิดเหตุสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ภาพแสดงผลการครอบคลุมจำนวนเหตุฉุกเฉินด้วยตัวแบบส่งต่อ

จากรูปที่ 4.13 การครอบคลุมจำนวนการเกิดเหตุฉุกเฉินนั้น สามารถดูได้จากแผนที่อำเภอเมืองนครราชสีมาที่ได้แบ่งเป็นตารางเช่นกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเพิ่ม BLS หรือ FR ขึ้นมา 1 จุดเพื่อส่งต่อ จะมีวงกลมสีแดงเพิ่มขึ้น 1 วง วงกลมที่เพิ่มขึ้นมานี้จะครอบคลุมปริมาณการเกิดเหตุฉุกเฉินที่แสดงด้วยพื้นที่สีเหลืองได้มากขึ้นเรื่อย ๆ นอกจากนี้วงกลมของ BLS หรือ FR ที่เป็นสีแดงที่ได้เพิ่มเข้าไปนี้จะเป็นวงที่มีรัศมีใหญ่กว่าวงกลมสีฟ้าที่เป็นวงกลมที่ครอบคลุมจำนวนการเกิดเหตุฉุกเฉินของ ALS เพราะความเร็วเฉลี่ยของรถฉุกเฉินระดับ BLS หรือ FR และรถฉุกเฉินระดับ ALS มีค่าประมาณ 45.05 และ 37.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตามลำดับ อีกทั้งวงกลมสีแดงที่เป็น BLS และ FR ทุกวงที่เป็นผลลัพธ์นี้ จะมีพื้นที่ส่วนหนึ่งทับกับวงกลมสีฟ้าเสมอแสดงถึงในระยะเวลาตอบสนอง 8 นาทีนี้ ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินทั้งสองประเภทนี้สามารถถึงกันได้ภายในระยะเวลาตอบสนอง 8 นาที โดยแนวโน้มการเพิ่มของจำนวนการครอบคลุมการเกิดเหตุฉุกเฉินเป็นดังภาพที่ 4.14



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงการเพิ่มขึ้นของการครอบคลุมการเกิดเหตุฉุกเฉินจากการส่งต่อ

## 4.2 การวิเคราะห์ผล

จากผลการทดสอบตัวแบบทั้งสองแบบจะเห็นได้ว่ามีจำนวนเหตุฉุกเฉินที่ได้รับบริการทางการแพทย์ระดับสูงจากรถฉุกเฉินระดับ ALS ภายในเวลา 8 นาทีมากขึ้น ซึ่งหากพิจารณาข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธีจะพบว่า

4.2.1 การเพิ่มที่ตั้ง ALS จากตัวแบบขกระดับ มีข้อดีคือ ประชาชนจะมั่นใจได้ว่ามีชุดปฏิบัติการฉุกเฉินที่มีบุคลากรทางการแพทย์และเครื่องมือที่พร้อมอยู่ใกล้ชุมชนหรือจุดเกิดเหตุ

เพิ่มขึ้น แต่มีข้อเสียคือค่าใช้จ่ายการจัดการฉุกเฉินระดับ ALS และทรัพยากรบุคคลเพิ่มขึ้นทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง

4.2.2 การจัดสรร BLS หรือ FR เพื่อส่งต่อให้ ALS โดยตัวแบบส่งต่อ มีข้อดีคือ มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าเพราะ BLS หรือ FR เป็นทรัพยากรที่มีอยู่แล้ว เพียงแค่ทำการจัดสรรตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อรับและต่อผู้ป่วยให้กับ ALS ก็สามารถเพิ่มจำนวนการเข้าถึงการบริการการแพทย์ระดับสูงได้ แต่ก็มีข้อเสียคือผู้ป่วยอาจจะได้รับความบาดเจ็บเพิ่มขึ้น ได้ถ้าขณะทำการเคลื่อนย้ายไม่ถูกวิธีและมีจำนวนการครอบคลุมที่น้อยกว่าตัวแบบยกระดับ

นอกจากนี้จากการทดสอบข้อมูลข้างต้นแล้ว ได้มีการจัดทำข้อมูลอีกชุดเพื่อวางแผนรองรับการเกิดเหตุฉุกเฉินให้ครอบคลุมจำนวนประชากรที่อยู่อาศัยในพื้นที่ แม้ยังไม่ได้เกิดเหตุฉุกเฉินเหล่านี้ขึ้น แต่เมื่อมีเหตุเกิดขึ้นมาเมื่อไหร่ ก็จะสามารถมั่นใจได้ว่าจะมีชุดปฏิบัติการฉุกเฉินพร้อมรองรับให้บริการการแพทย์ระดับสูงนี้ได้มากที่สุด ซึ่งจากแผนที่อำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมาที่ได้บันทึกในแต่ละตารางด้วยจำนวนเหตุฉุกเฉินที่เกิดขึ้นนั้น ได้เปลี่ยนข้อมูลที่เป็นจำนวนประชากรที่อยู่ในตารางแทน โดยนำข้อมูลความหนาแน่นของประชากร (คนต่อตารางกิโลเมตร) ที่ได้หาไว้ก่อนหน้านี้ใส่เข้าไป จากนั้นทำการทดสอบในตัวแบบทั้งสองคือ ตัวแบบยกระดับและตัวแบบส่งต่อแล้วหาผลลัพธ์ ซึ่งผลลัพธ์จากการทดสอบเป็นดังตารางที่ 4.3 และ 4.4 ดังนี้

ตารางที่ 4.3 ผลลัพธ์การทดสอบตัวแบบยกระดับโดยพิจารณาจำนวนประชากร

ตำแหน่งชุดปฏิบัติการฉุกเฉิน	จำนวนประชากรที่ครอบคลุม(%)	%ที่เพิ่มขึ้น
ALS จากโรงพยาบาล 7 แห่ง	55.60	55.60
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองปลิง	64.51	8.91
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพหนองปรุ	71.19	6.68
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพพระกาย	77.44	6.25
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพทุ่งกระโดน	82.40	4.96
องค์การบริหารส่วนตำบลมะเริง	86.55	4.15
จุดบริการสุข 31 จอหอ	88.81	2.26
องค์การบริหารส่วนตำบลหนองไข่น้ำ	90.89	2.08
องค์การบริหารส่วนตำบลสุรนารี	92.31	1.42
องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านโพธิ์	93.72	1.41
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพโคกคด	94.84	1.12
จุดบริการสุข 31 ไชยมงคล	95.77	0.93
องค์การบริหารส่วนตำบลโคกสูง	96.17	0.40

ตารางที่ 4.3 ผลลัพธ์การทดสอบตัวแบบยกระดับโดยพิจารณาจำนวนประชากร (ต่อ)

ตำแหน่งชุดปฏิบัติการฉุกเฉิน	จำนวนประชากรที่ครอบคลุม(%)	%ที่เพิ่มขึ้น
องค์การบริหารส่วนตำบลโคกกรวด	96.50	0.33
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพหนองไช้	96.69	0.19
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพพลกรัง	96.86	0.17
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพไช้ยมงคล	96.93	0.07
องค์การบริหารส่วนตำบลโพธิ์กลาง	96.98	0.05
องค์การบริหารส่วนตำบลพะเนา	97.02	0.04
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพหนองยางรักย์	97.05	0.03
จุดบริการสุข 31 มะเรียง	97.06	0.01
จุดบริการสุข 31 โพธิ์กลาง	97.07	0.01

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์การทดสอบตัวแบบส่งต่อโดยพิจารณาจำนวนประชากร

ตำแหน่งชุดปฏิบัติการฉุกเฉิน	จำนวนประชากรที่ครอบคลุม(%)	%ที่เพิ่มขึ้น
ALS จากโรงพยาบาล 7 แห่ง	55.60	55.60
ตำแหน่ง BLS หรือ FR ที่เพิ่มเข้าไป		
องค์การบริหารส่วนตำบลสุรนารี	60.97	5.37
องค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัวศาลา	66.14	5.17
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลกระทาย	70.47	4.33
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพทุ่งกระโดน	73.98	3.51
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองปรือ	75.33	1.35
องค์การบริหารส่วนตำบลมะเรียง	77.40	2.07
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองยางรักย์	78.43	1.03
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลกระดอด	78.92	0.49
จุดบริการสุข 31 มะเรียง	79.40	0.48
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลสีมูม	79.84	0.44
องค์การบริหารส่วนตำบลโพธิ์กลาง	80.25	0.41
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลพลกรัง	80.59	0.34
องค์การบริหารส่วนตำบลโคกกรวด	80.91	0.32
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองปลิง	81.18	0.27
องค์การบริหารส่วนตำบลโคกสูง	81.35	0.17
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลพุดซา	81.50	0.15
จุดบริการสุข 31 จอหอ	81.62	0.12

จากตารางที่ 4.3 และ 4.4 พบว่าถ้าพิจารณาที่จำนวนประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ หากปรับปรุงระบบการแพทย์ฉุกเฉินในจังหวัดนครราชสีมาโดยการยกระดับจากตำแหน่ง BLS หรือ FR เป็นระดับ ALS จำนวนประชากรที่จะได้รับบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงจะเพิ่มขึ้นจาก 55.60% เป็น 97.07% ทั้งนี้เป็นเพราะตำแหน่งของ BLS หรือ FR นี้มีกระจายอยู่ทั่วทั้งอำเภอ หากปรับปรุงระบบการแพทย์ฉุกเฉินโดยใช้การส่งต่อ พบว่าจำนวนประชากรที่จะเข้าถึงบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงนี้จะเพิ่มขึ้นเป็น 81.62% เนื่องจาก ALS ที่มีอยู่ในอำเภอเมืองนครราชสีมาจะประจำอยู่ที่โรงพยาบาลซึ่งเกือบทั้งหมดกระจุกตัวอยู่ที่ตำบลในเมืองจังหวัดนครราชสีมาเกือบทั้งหมด



## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยในการพัฒนาตัวแบบการจัดสรรตำแหน่งของหน่วยการแพทย์ฉุกเฉินเพื่อลดระยะเวลาการเข้าถึงจุดเกิดเหตุ กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา มีวัตถุประสงค์เพื่อให้การบริการการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงครอบคลุมจำนวนการเหตุฉุกเฉินภายในระยะเวลาตอบสนอง 8 นาทีให้ได้มากที่สุด

ในการปรับปรุงพัฒนานั้น ได้วางแนวทางการปรับปรุงไว้สองแนวทางคือ (1) ยกกระดับที่ตั้ง BLS และ FR เดิมให้เป็นที่ตั้ง ALS และ (2) ใช้ BLS และ FR รับผู้ป่วยที่ ALS เข้าถึงไม่ทันเวลาแล้วส่งต่อผู้ป่วยดังกล่าวให้กับ ALS ที่ไม่สามารถไปทันเวลานั้น โดยวิธีการปรับปรุงทั้งสองวิธีดังกล่าวมาจากการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสม โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป LINGO มาช่วยในการคำนวณ ซึ่งการศึกษาได้ข้อสรุปดังนี้

1. เมื่อทำการปรับปรุงที่ตั้ง BLS และ FR เป็นระดับ ALS จากตัวแบบยกระดับ จำนวนเหตุฉุกเฉินที่สามารถได้รับการบริการการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงจาก ALS ภายในระยะเวลาตอบสนอง 8 นาที เพิ่มขึ้นจาก 62.09% เป็น 100%

2. หากใช้วิธีการรับผู้ป่วยโดยใช้ BLS และ FR แล้วส่งต่อให้กับ ALS ที่มาไม่ทันเวลาจากตัวแบบส่งต่อ จำนวนเหตุฉุกเฉินที่สามารถได้รับการบริการการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงจาก ALS ภายในระยะเวลาตอบสนอง 8 นาทีเพิ่มขึ้นจาก 62.09% เป็น 89.61%

3. เมื่อพิจารณาจำนวนประชากรที่อาศัยอยู่ในอำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมาพบว่า หากยังไม่ได้ปรับปรุงระบบการแพทย์ฉุกเฉินจะมีจำนวนผู้ได้รับการบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับสูงจากชุดปฏิบัติการระดับ ALS ภายในระยะเวลาตอบสนอง 8 นาทีเท่ากับ 55.60% แต่เมื่อมีการปรับปรุงด้วยตัวแบบยกระดับพบว่าจำนวนประชากรที่เข้าถึงบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินนี้ถึง 97.07% และหากปรับปรุงโดยใช้ตัวแบบส่งต่อจะมีประชากรเข้าถึงบริการนี้ 81.62%

#### 5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. การศึกษาคำนวณระยะเวลาตอบสนองนี้ในช่วงของเวลาในการรับสายและการตัดสินใจส่ง

ชุดปฏิบัติการไปยังจุดเกิดเหตุยังไม่มีเวลาที่เป็นมาตรฐานนัก รวมถึงเวลาในการปฐมพยาบาลและการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยยังไม่สามารถระบุได้แน่นอน การคำนวณจึงใช้เวลาโดยเฉลี่ยและรวมเวลาดังกล่าวไว้ในตัวแปรเดียว หากจำแนกเวลาดังกล่าวออกเป็นหลายพจน์ จะทำให้การคำนวณที่ได้แม่นยำยิ่งขึ้น

2. การวิจัยนี้ไม่ได้คำนึงถึงช่วงเวลาของการเกิดเหตุ ซึ่งระยะเวลาการเกิดเหตุนั้นมีผลต่อการเข้าถึงตัวผู้ป่วยจากปัญหาทางด้านสภาพการจราจร หากคิดถึงปัจจัยด้านปัญหาการจราจร ตัวแบบนี้จะมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. ระยะทางที่ใช้ในการคำนวณเป็นการกระจัด (displacement) ซึ่งเป็นระยะทางจากจุดถึงจุดโดยตรง ซึ่งในความเป็นจริงแล้วการเดินทางระหว่างจุดถึงจุดเป็นลักษณะของการเดินทางแบบหักเลี้ยวเป็นมุมฉากซึ่งอาจต้องมีการเผื่อแฟคเตอร์ในการคำนวณส่วนนี้ด้วย



## รายการอ้างอิง

- กัญญา วังศรี (2556). การบริการการแพทย์ฉุกเฉินในประเทศไทย The EMS system in Thailand. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 29 ประจำปี 2556.
- คณะกรรมการการแพทย์ฉุกเฉิน (2553). แผนหลักการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ ปี 2553-2556 พิมพ์ครั้งแรก กรกฎาคม 2553
- จันทร์ศิริ สิงห์เลื่อน. (2554). การเลือกตำแหน่งสถานที่ให้บริการด้วยวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด วิศวกรรมสาร มก. ฉบับที่ 78 ปีที่ 24 ตุลาคม-ธันวาคม 2554.
- สงครามชัย ลีทองดี. รายงานฉบับสมบูรณ์การประเมินหลักการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ ปี 2553-2555.
- สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ. เอกสารประกอบแนวทางปฏิบัติการรับรองรถบริการการแพทย์ฉุกเฉิน.
- สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ. (2553). คู่มือปฏิบัติการแพทย์ฉุกเฉินสำหรับชุดปฏิบัติการฉุกเฉินเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : พิมพ์ที่ N P Limited Partnership.
- สถาบันการแพทย์การแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ (สพฉ.). (2554). รายงานการศึกษาความคุ้มค่าการพัฒนาประสิทธิภาพของการปฏิบัติการฉุกเฉินอย่างทันที่.
- สถาบันการแพทย์การแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ (สพฉ.). (2556). รายงานสถานการณ์ระบบการแพทย์ฉุกเฉิน.
- สถาบันการแพทย์การแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ (สพฉ.) (2556). Annual Report 2012 รายงานประจำปี 2555. พิมพ์ครั้งที่ 2 พฤษภาคม 2556.
- สถาบันการแพทย์การแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ (สพฉ.) (2556). Annual Report 2013 รายงานประจำปี 2556.
- สำนักงานวิจัยเพื่อการพัฒนาหลักประกันสุขภาพไทย (สวปก.). (2556). เครือสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (สวรส.). รายงานผลการศึกษาโครงการรวบรวมองค์ความรู้และถอดบทเรียนรูปแบบการบริหารจัดการระบบการแพทย์ฉุกเฉินระดับพื้นที่.
- C ReVelle, D Bigman, D Schilling, J Cohon, and R Church. (1977). Facility location: a review of context-free and EMS models. 12(2): 129–146..



- Dah-Ming Shiah, Chin-Tun Hung, Shu-Wen Chen (2009). **Multi-capacities ambulance location model**. TridentCom 2009. 5th International Conference on. On page(s): 1–6.
- M.S. Daskin. (1982). **Application of an expected covering model to emergency medical service system design**. Decision Sciences. 13: 416–439.
- Luce Brotcornea, Gilbert Laporte, Frédéric Semeta (2003). **Ambulance location and relocation models**. European Journal of Operational Research Volume 147, Issue 3, 16 June 2003, Pages 451–463.
- Owen S.H. and Daskin M.S. (1998). **Strategic Facility Location: A Review**, European Journal of Operational Research. 111: 423-447.
- Shiah, Dah-Ming, Chen, Shu-Wen. (2007). **Ambulance allocation capacity model**. e-Health Networking, Application and Services, 2007 9th International Conference on Digital Object Identifier:, Pages: 40-45.
- Toregas C.R., Swain R., ReVelle C.S., Bergman L. (1971). **The location of emergency service facilities**. Operations Research 19. 1363–1373.
- R. Church and C. ReVelle. (1974). **The maximal covering location problem**. Papers of the Regional Science Association, 32: 101–118.
- R.L. Church and K.L. Roberts.(1983). **Generalized coverage models and public facility location**. Papers in Regional Science, 53(1): 117-135.
- Verena Schmid and Karl F. Doerner (2010). **Ambulance location and relocation problems with time-dependent travel times**. Eur J Oper Res. 2010 December 16; 207(3): 1293–1303.

ภาคผนวก ก

จำนวนการเกิดเหตุฉุกเฉินและความหนาแน่นประชากรในแต่ละgrid

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

grid no.	จำนวนเหตุนกเงิน	จำนวนประชากร
1	0	7.5
2	0	29.9
3	0	104.7
4	0	15
5	0	43.3
6	0	86.6
7	0	130
8	0	108.3
9	0	29.9
10	0	134.6
11	0	149.6
12	0	149.6
13	0	142.1
14	0	29.9
15	0	65
16	0	130
17	0	216.6
18	0	216.6
19	0	173.3
20	0	21.7
21	0	44.9
22	0	149.6
23	0	149.6
24	0	149.6
25	0	149.6
26	0	154.3
27	0	216.6
28	0	216.6
29	0	216.6
30	0	216.6
31	0	216.6
32	0	96.4
33	0	119.7
34	0	149.6
35	1	149.6
36	0	149.6
37	0	149.6
38	0	153
39	7	213.3
40	34	216.6
41	0	216.6
42	2	216.6
43	0	216.6
44	0	179.8
45	0	39
46	0	29.9
47	0	149.6
48	1	149.6
49	0	149.6
50	0	149.6

grid no.	จำนวนเหตุนกเงิน	จำนวนประชากร
51	0	149.6
52	0	149.6
53	2	165.7
54	0	213.3
55	0	216.6
56	0	216.6
57	3	210.1
58	0	194.9
59	0	97.5
60	0	44.9
61	0	149.6
62	0	149.6
63	0	149.6
64	0	149.6
65	0	149.6
66	0	149.6
67	0	149.6
68	0	189.8
69	0	216.6
70	0	216.6
71	0	210.1
72	0	194.9
73	0	97.5
74	0	50.4
75	0	117.6
76	0	84
77	0	7.5
78	0	119.7
79	0	149.6
80	1	149.6
81	18	149.6
82	0	149.6
83	0	149.6
84	0	149.6
85	0	163
86	0	213.2
87	0	212.3
88	0	194.9
89	0	194.9
90	0	155.9
91	0	84
92	0	168
93	0	151.2
94	0	67.2
95	0	50.4
96	0	67.2
97	0	67.2
98	0	67.2
99	0	67.2
100	0	99

grid no.	จำนวนเหตุนกเงิน	จำนวนประชากร
101	0	150.5
102	0	149.6
103	2	149.6
104	32	149.6
105	0	149.6
106	0	275.6
107	2	275.6
108	0	149.6
109	0	153
110	0	192.4
111	0	194.9
112	0	194.9
113	0	175.4
114	0	84
115	0	168
116	0	168
117	0	168
118	0	168
119	0	168
120	0	168
121	0	168
122	0	168
123	0	168
124	0	155.1
125	0	149.6
126	0	149.6
127	3	149.6
128	3	212.6
129	13	748.2
130	0	748.2
131	0	275.6
132	1	151.9
133	3	190.4
134	12	194.9
135	5	194.9
136	1	149.9
137	0	97.5
138	0	75.1
139	0	175.9
140	0	168
141	0	168
142	0	168
143	0	168
144	0	168
145	0	168
146	0	168
147	0	168
148	0	176.1
149	0	150.5
150	0	149.6

grid no.	จำนวนเหตุดูกเงิน	จำนวนประชากร
151	0	149.6
152	0	275.6
153	0	779.7
154	0	779.7
155	2	716.7
156	1	332.9
157	6	197.4
158	2	194.9
159	0	194.9
160	0	194.9
161	0	136.4
162	0	74.2
163	0	239.4
164	0	172
165	0	168
166	0	168
167	8	168
168	11	168
169	0	168
170	28	168
171	0	191.5
172	0	591.4
173	0	748.2
174	0	748.2
175	0	653.7
176	6	748.2
177	43	779.7
178	3	779.7
179	12	779.7
180	1	321.7
181	0	206
182	0	197.4
183	27	194.9
184	6	194.9
185	0	175.4
186	0	123.7
187	0	247.3
188	0	199.7
189	0	168
190	0	168
191	0	168
192	0	168
193	0	191.5
194	0	309.1
195	0	391.3
196	0	666.7
197	6	779.7
198	0	779.7
199	1	779.7
200	26	779.7

grid no.	จำนวนเหตุดูกเงิน	จำนวนประชากร
201	23	779.7
202	26	779.7
203	13	608
204	3	207.2
205	13	207.2
206	1	197.4
207	9	194.9
208	0	194.9
209	4	194.9
210	0	9.7
211	0	15.4
212	0	197.8
213	0	247.3
214	9	239.4
215	0	172
216	17	168
217	35	168
218	0	168
219	0	285.6
220	0	403.1
221	0	478.4
222	0	760.9
223	0	779.7
224	0	779.7
225	0	779.7
226	0	816.1
227	17	798
228	33	779.7
229	0	379
230	4	207.2
231	6	207.2
232	0	197.4
233	1	194.9
234	3	194.9
235	0	194.9
236	0	78
237	0	0
238	0	184.5
239	0	271.4
240	0	247.3
241	29	247.3
242	0	199.7
243	0	168
244	0	168
245	0	168
246	0	356.1
247	0	403.1
248	1	421.9
249	0	912.6
250	16	1317.3

grid no.	จำนวนเหตุดูกเงิน	จำนวนประชากร
251	1	914.1
252	0	987
253	0	1144
254	31	1144
255	5	920.2
256	1	207.2
257	0	207.2
258	0	207.2
259	0	200
260	0	194.9
261	0	194.9
262	0	194.9
263	0	78
264	0	123
265	0	307.5
266	0	289.4
267	0	247.3
268	0	247.3
269	0	251.6
270	0	168
271	3	177.8
272	0	316.9
273	0	428.4
274	0	416.7
275	3	403.1
276	1	455.5
277	1	1399.3
278	0	1415.7
279	1	1267.1
280	9	1144
281	2	1144
282	2	488.2
283	0	207.2
284	0	207.2
285	0	207.2
286	1	201.1
287	0	194.9
288	0	207
289	0	292.2
290	0	297.7
291	0	184.5
292	8	307.5
293	0	289.4
294	0	247.3
295	0	247.3
296	0	309.2
297	0	377.7
298	3	344.3
299	0	363.9
300	10	613.3

grid no.	จำนวนเหตุดูกเงิน	จำนวนประชากร
301	0	622.1
302	5	430.4
303	2	403.1
304	13	1032.3
305	15	1451.7
306	14	1236.3
307	9	1321.8
308	21	2472.9
309	8	254
310	1	207.2
311	0	207.2
312	0	207.2
313	0	223.8
314	0	267.1
315	0	387.4
316	0	297.7
317	0	43.6
318	0	92.3
319	0	307.5
320	0	304.5
321	0	250.3
322	0	250.3
323	0	310.3
324	0	368.1
325	0	363.9
326	6	363.9
327	0	814.6
328	1	3493
329	13	3854.7
330	8	3841
331	39	3893.5
332	61	4375.6
333	42	4538.1
334	19	4522.7
335	1	2452.9
336	0	241.6
337	0	320.8
338	0	520.1
339	6	564.8
340	0	298.5
341	6	435.5
342	0	435.5
343	4	251.8
344	0	125.9
345	0	215.3
346	0	307.5
347	0	295.5
348	1	283.5
349	1	307.5
350	2	330

grid no.	จำนวนเหตุดูกเงิน	จำนวนประชากร
351	0	403.2
352	14	580.7
353	6	4266.8
354	14	4700.5
355	12	4700.5
356	5	4700.5
357	35	4700.5
358	98	4700.5
359	25	4700.5
360	12	4320
361	0	1138.4
362	5	861.1
363	3	678.4
364	14	654.3
365	5	654.3
366	0	457.3
367	0	435.5
368	0	345.6
369	0	228.9
370	0	185.3
371	0	20.6
372	0	30.8
373	0	292.1
374	0	307.5
375	0	307.5
376	0	594.3
377	0	1072.3
378	0	1215.7
379	13	2188.5
380	14	4700.5
381	33	4700.5
382	66	4700.5
383	53	4700.5
384	115	4700.5
385	84	4700.5
386	54	4700.5
387	12	2037.1
388	0	895.6
389	2	895.6
390	9	750.8
391	7	654.3
392	0	654.3
393	0	659.6
394	0	435.5
395	0	228.6
396	0	205.9
397	0	205.9
398	0	20.6
399	0	218.6
400	1	689.9

grid no.	จำนวนเหตุดูกเงิน	จำนวนประชากร
401	1	1167.9
402	7	1263.5
403	9	1263.5
404	19	1263.5
405	10	3923.1
406	43	4700.5
407	58	4700.5
408	64	4700.5
409	26	3575.5
410	23	3404.2
411	91	3885.6
412	37	4700.5
413	3	1656.6
414	14	895.6
415	16	895.6
416	13	847.3
417	0	609.4
418	0	385.6
419	0	319.6
420	0	274.8
421	0	205.9
422	0	205.9
423	0	205.9
424	0	20.6
425	0	157.3
426	3	1263.5
427	0	1263.5
428	0	1263.5
429	11	2294.6
430	7	4356.8
431	47	4700.5
432	26	4700.5
433	14	4700.5
434	34	4107.9
435	6	2922.9
436	4	1182.1
437	2	2330.4
438	12	1629.6
439	18	895.6
440	10	895.6
441	5	904.3
442	0	913
443	0	657.7
444	0	205.9
445	0	205.9
446	0	205.9
447	0	205.9
448	1	205.9
449	0	205.9
450	0	20.6

grid no.	จำนวนเหตุดูกเงิน	จำนวนประชากร
451	0	2.5
452	2	126.1
453	2	252.1
454	4	236.7
455	5	1065.1
456	18	569.3
457	15	2486.1
458	11	1164.3
459	12	2509.2
460	2	1262.4
461	2	1609.3
462	1	1737.9
463	1	1737.9
464	0	1180.1
465	5	653.1
466	4	868.6
467	7	868.9
468	5	956.5
469	2	913
470	2	982.6
471	10	982.6
472	0	361.2
473	0	205.9
474	0	205.9
475	1	205.9
476	20	205.9
477	0	205.9
478	0	82.4
479	0	5
480	1	2.5
481	0	151.3
482	0	201.7
483	0	252.1
484	8	252.1
485	3	254.1
486	3	271.8
487	3	271.8
488	6	714.6
489	1	1157.5
490	13	317.9
491	14	426.3
492	5	1206.8
493	0	1737.9
494	0	1737.9
495	0	1182.1
496	3	653.1
497	0	653.1
498	1	697.5
499	8	973.9
500	9	965.3

grid no.	จำนวนเหตุดูกเงิน	จำนวนประชากร
501	0	982.6
502	2	982.6
503	0	827.3
504	0	205.9
505	2	205.9
506	0	205.9
507	0	205.9
508	0	205.9
509	0	185.3
510	0	20.6
511	0	2.5
512	9	301.7
513	8	252.1
514	7	252.1
515	11	252.1
516	2	252.1
517	2	252.1
518	0	258
519	5	271.8
520	0	271.8
521	0	271.8
522	1	271.8
523	8	317.9
524	6	488.6
525	0	1100.6
526	0	1737.9
527	0	1737.9
528	0	1182.1
529	2	626.2
530	0	626.2
531	0	626.2
532	0	804.4
533	2	982.6
534	0	982.6
535	0	904.9
536	0	361.2
537	0	205.9
538	0	205.9
539	0	205.9
540	0	205.9
541	0	205.9
542	0	185.3
543	0	0
544	0	126.1
545	0	252.1
546	1	252.1
547	13	252.1
548	0	252.1
549	0	252.1
550	2	252.1

grid no.	จำนวนเหตุดูกเงิน	จำนวนประชากร
551	0	263.9
552	2	271.8
553	0	271.8
554	0	271.8
555	5	271.8
556	13	336.3
557	12	551
558	4	989.4
559	0	1515.6
560	0	1515.6
561	0	848.5
562	3	626.2
563	0	626.2
564	0	626.2
565	0	666.8
566	0	947
567	4	982.6
568	12	982.6
569	3	438.9
570	4	205.9
571	0	205.9
572	0	205.9
573	0	205.9
574	0	205.9
575	0	185.3
576	1	20.6
577	0	176.5
578	0	252.1
579	0	252.1
580	0	252.1
581	0	252.1
582	0	252.1
583	5	252.1
584	0	267.9
585	0	271.8
586	0	271.8
587	0	271.8
588	0	281
589	0	363.9
590	0	582.2
591	29	1099.5
592	4	626.2
593	0	626.2
594	0	626.2
595	0	626.2
596	0	626.2
597	0	626.2
598	0	626.2
599	0	768.8
600	14	982.6

grid no.	จำนวนเหตุดูกเงิน	จำนวนประชากร
601	1	982.6
602	0	904.9
603	0	205.9
604	5	205.9
605	0	185.3
606	0	144.1
607	0	164.8
608	0	185.3
609	0	144.1
610	0	201.7
611	0	252.1
612	0	252.1
613	0	252.1
614	0	252.1
615	2	252.1
616	0	252.1
617	0	257.9
618	0	271.8
619	0	271.8
620	0	271.8
621	0	308.6
622	0	363.9
623	3	613.3
624	0	1234.4
625	0	626.2
626	2	626.2
627	0	626.2
628	0	626.2
629	0	626.2
630	0	626.2
631	0	133.2
632	0	338
633	3	892.2
634	3	982.6
635	0	982.6
636	0	824.2
637	1	118.9
638	0	0
639	0	0
640	0	20.6
641	0	126.1
642	0	252.1
643	0	252.1
644	0	252.1
645	0	252.1
646	2	252.1
647	0	252.1
648	0	265.9
649	0	271.8
650	0	271.8

grid no.	จำนวนเหตุดูกเงิน	จำนวนประชากร
651	0	271.8
652	3	336.3
653	1	363.9
654	1	644.5
655	0	1234.4
656	0	626.2
657	0	626.2
658	0	626.2
659	0	571.4
660	0	407.1
661	0	516.7
662	0	78.5
663	0	349.7
664	0	349.7
665	0	982.6
666	6	982.6
667	0	982.6
668	1	98.3
669	0	50.4
670	0	252.1
671	0	252.1
672	0	252.1
673	0	252.1
674	0	252.1
675	0	252.1
676	0	263.9
677	0	271.8
678	1	271.8
679	3	271.8
680	0	354.7
681	0	395.1
682	1	675.7
683	7	675.7
684	0	571.4
685	0	352.4
686	0	516.7
687	0	133.3
688	0	78.5
689	0	78.5
690	0	78.5
691	0	78.5
692	0	168.9
693	0	982.6
694	0	884.2
695	0	294.8
696	0	151.3
697	0	251.1
698	0	251.1
699	0	251.1
700	0	251.1

grid no.	จำนวนเหตุดูกเงิน	จำนวนประชากร
701	0	251.1
702	0	260
703	0	271.8
704	0	271.8
705	0	271.8
706	0	335.4
707	0	366.5
708	0	356.3
709	0	527.7
710	5	123.3
711	0	78.5
712	0	78.5
713	0	78.5
714	0	78.5
715	0	78.5
716	0	78.5
717	0	78.5
718	0	801.8
719	0	982.6
720	0	393
721	0	2.5
722	0	75.6
723	0	251.1
724	0	251.1
725	0	251.1
726	0	251.1
727	0	167.9
728	0	271.8
729	0	271.8
730	0	233.1
731	5	78.5
732	0	78.5
733	0	78.5
734	0	78.5
735	0	78.5
736	0	78.5
737	0	78.5
738	0	78.5
739	0	78.5
740	0	78.5
741	0	78.5
742	0	78.5
743	0	711.4
744	0	589.6
745	0	201.6
746	0	252.1
747	0	252.1
748	0	258
749	0	271.8
750	0	271.8

grid no.	จำนวนเหตุดูกเงิน	จำนวนประชากร
751	0	271.8
752	0	175.2
753	0	78.5
754	0	78.5
755	0	78.5
756	5	78.5
757	0	78.5
758	1	78.5
759	0	78.5
760	0	78.5
761	0	70.3
762	0	39.3
763	0	79
764	0	15.7
765	0	312.2
766	0	58.3
767	0	226.8
768	0	252.1
769	0	252.1
770	0	260
771	0	271.6
772	0	271.6
773	0	271.6
774	0	155.8
775	0	78.5
776	0	78.5
777	0	78.5
778	2	78.5
779	4	78.5
780	1	78.5
781	0	78.5
782	0	70.7
783	0	23.4
784	0	176.5
785	0	252.1
786	0	252.1
787	0	209.5
788	0	217.4
789	0	190.3
790	0	190.3
791	0	31.4
792	0	7.9
793	0	23.6
794	3	70.7
795	7	78.5
796	0	78.5
797	0	78.5
798	0	78.5
799	0	47.1
800	0	126.1

grid no.	จำนวนเหตุดูกเงิน	จำนวนประชากร
801	0	252.1
802	0	252.1
803	0	50.4
804	0	31.4
805	0	70.7
806	0	78.5
807	0	78.5
808	0	78.5
809	0	39.3
810	0	17.6
811	0	226.9
812	0	100.8
813	0	47.1
814	0	78.5
815	0	78.5
816	0	78.5
817	0	39.3
818	0	2.5
819	0	176.4
820	0	12.6
821	0	1
822	0	31.4
823	0	47.1
824	0	78.5
825	0	31.4
826	0	2.5
827	0	7.9
828	0	70.7
829	0	39.3
830	0	23.6
831	0	39.3





ภาคผนวก ข

ข้อมูลประชากรอำเภอเมืองนครราชสีมา

ตารางข้อมูลประชากรในจังหวัดนครราชสีมา แยกตามอำเภอ

อำเภอ	จำนวนประชากร Number of population					อัตราการเปลี่ยนแปลง (%) Percent change				ความหนาแน่น ของประชากร (ต่อ ตร. กม.) Population density (Per sq. km.)	District
	2551 (2008)	2552 (2009)	2553 (2010)	2554 (2011)	2555 (2012)	2552 (2009)	2553 (2010)	2554 (2011)	2555 (2012)		
<b>รวมยอด</b>	<b>2,565,117</b>	<b>2,571,292</b>	<b>2,582,089</b>	<b>2,585,325</b>	<b>2,601,167</b>	<b>0.24</b>	<b>0.42</b>	<b>0.13</b>	<b>0.61</b>	<b>126.9</b>	<b>Total</b>
อำเภอเมืองนครราชสีมา	433,838	435,699	439,466	441,309	445,769	0.43	0.86	0.42	1.01	590.0	Mueang Nakhon Ratchasima District
อำเภอครบุรี	93,444	93,808	94,261	94,352	95,005	0.39	0.48	0.10	0.69	52.3	Khon Buri District
อำเภอเสิงสาง	68,108	68,387	68,628	68,889	69,364	0.41	0.35	0.38	0.69	57.8	Soeng Sang District
อำเภออง	81,173	81,200	81,298	81,348	81,669	0.03	0.12	0.06	0.39	179.6	Khong District
อำเภอบ้านเหลื่อม	21,430	21,480	21,592	20,979	21,025	0.23	0.52	-2.84	0.22	96.1	Ban Lueam District
อำเภอจักราช	69,462	69,794	70,117	70,333	70,665	0.48	0.46	0.31	0.47	140.9	Chakkarat District
อำเภอโชคชัย	77,947	78,449	78,945	79,551	80,237	0.64	0.63	0.77	0.86	159.2	Chok Chai District
อำเภอด่านขุนทด	125,970	126,457	126,781	126,942	127,517	0.39	0.26	0.13	0.45	91.2	Dan Khun Thot District
อำเภอโนนไทย	72,985	72,378	72,259	71,579	71,850	-0.83	-0.16	-0.94	0.38	136.1	Non Thai District
อำเภอโนนสูง	126,684	126,464	126,384	126,459	127,178	-0.17	-0.06	0.06	0.57	185.0	Non Sung District
อำเภอขามสะแกแสง	43,177	43,170	43,259	43,307	43,394	-0.02	0.21	0.11	0.20	145.7	Kham Sakaesaeng District
อำเภอวังใหญ่	83,699	83,639	83,760	83,139	83,362	-0.07	0.14	-0.74	0.27	273.3	Bua Yai District
อำเภอบัวลาย	77,561	77,780	77,848	77,645	77,883	0.28	0.09	-0.26	0.31	129.7	Prathai District
อำเภอปักธงชัย	115,545	115,714	116,146	116,267	116,950	0.15	0.37	0.10	0.59	85.1	Pak Thong Chai District
อำเภอพิมาย	129,943	129,899	129,964	129,729	129,849	-0.03	0.05	-0.18	0.09	144.8	Phimai District
อำเภอหัวแถลง	75,074	74,808	75,080	74,718	74,993	-0.35	0.36	-0.48	0.37	151.4	Huai Thalaeng District
อำเภอชุมพวง	82,086	82,093	82,311	82,453	82,623	0.01	0.27	0.17	0.21	152.8	Chum Phuang District
อำเภอสูงเนิน	79,122	79,530	80,205	80,784	81,530	0.52	0.85	0.72	0.92	104.1	Sung Noen District
อำเภอขามทะเลสอ	28,462	28,642	28,822	28,926	29,284	0.63	0.63	0.36	1.24	143.8	Kham Thale So District
อำเภอสีคิ้ว	121,637	122,067	122,671	122,796	123,559	0.35	0.49	0.10	0.62	99.1	Sikhio District

ตารางข้อมูลประชากรอำเภอเมืองนครราชสีมาแยกตามตำบล

	หน่วยงานส่วนท้องถิ่น	รูปแบบ	จำนวนประชากร (พ.ศ. 2555)	พื้นที่ (ตร.กม.)	ความหนาแน่น (คนต่อ ตร.กม.)
1	เทศบาลนครนครราชสีมา	เทศบาล	137,579	37.5	3,668.77
2	เทศบาลตำบลโพธิ์กลาง	เทศบาล	26,174	55.23	473.9
3	เทศบาลตำบลหัวทะเล	เทศบาล	25,510	15.59	1,636.30
4	เทศบาลตำบลหนองไผ่ล้อม	เทศบาล	19,157	17.89	1,070.82
5	เทศบาลตำบลบ้านใหม่	เทศบาล	17,873	19.55	914.21
6	เทศบาลตำบลสุรนารี	เทศบาล	16,663	49.9	333.92
7	เทศบาลตำบลจอหอ	เทศบาล	16,500	9.5	1,736.84
8	เทศบาลตำบลเมืองใหม่โคกกรวด	เทศบาล	13,024	64.17	202.96
9	เทศบาลตำบลโคกสูง	เทศบาล	9,997	30.56	327.12
10	เทศบาลตำบลพุดซา	เทศบาล	9,746	39.36	247.61
11	เทศบาลตำบลปรุใหญ่	เทศบาล	9,526	16.63	572.82
12	เทศบาลตำบลบ้านโพธิ์	เทศบาล	9,045	44.36	203.89
13	เทศบาลตำบลไชยมงคล	เทศบาล	7,111	60.18	118.16
14	เทศบาลตำบลโคกกรวด	เทศบาล	7,059	3	2,353
15	เทศบาลตำบลหนองไข่น้ำ	เทศบาล	5,998	43.44	138.07
16	เทศบาลตำบลตลาด	เทศบาล	6,606	22.2	297.56
17	หนองบัวศาลา	อบต.	19,041	36.61	520.1
18	จอหอ	อบต.	12,955	26.97	480.34
19	หนองจะบก	อบต.	12,168	23.56	516.46

## ข้อมูลประชากรในแต่ละตำบล(ต่อ)

	หน่วยงานส่วนท้องถิ่น	รูปแบบ	จำนวนประชากร (พ.ศ. 2555)	พื้นที่ (ตร.กม.)	ความหนาแน่น (คนต่อ ตร.กม.)
20	หนองระเวียง	อบต.	11,400	54.77	208.14
21	บ้านเกาะ	อบต.	11,123	11.3	984.33
22	หมื่นไวย	อบต.	10,296	9.76	1,054.91
23	หนองกระทุ่ม	อบต.	7,648	18.5	413.4
24	มะเร็ง	อบต.	7,414	10.25	723.31
25	สีมูม	อบต.	6,387	15	425.8
26	พะเนา	อบต.	5,008	18.16	275.77
27	พลกรัง	อบต.	4,761	18.65	255.28



โปรแกรม LINGO ที่ใช้ในการคำนวณตัวแบบขกระดัด

```

model:

sets:
m/1..831/:demand,y; !demand ที่จุด d(i);
n/1..58/:x; !ตัวแปรกำหนดจุดจอดที่j;
link(m,n): matrix;
endsets

data:
demand = @OLE("C:\Users\user\Desktop\lingo\submission","totaldemand"); !demand ที่จุด
m(i);
matrix = @OLE("C:\Users\user\Desktop\lingo\upgrade","alsset") ;
enddata

!objective function;
max=@sum(m(i):demand(i)*y(i));!objective function;

@for(m(i):@sum(n(j):matrix(i,j)*x(j))>=y(i));!ที่จุด i จะมีรถวิ่งเข้าไปขึ้นอยู่กับ y(i);

@for(n(j):@bin(x(j)));
@for(m(i):@bin(y(i)));!x(i),y(i)เป็น binary;

x(1)=1; x(2)=1; x(3)=1; x(4)=1; x(5)=1; x(6)=1; x(7)=1;
@sum(n(j):x(j))= 8; !กำหนดจำนวนจุดจอด q ไม่เกิน...;

End

```

โปรแกรม LINGO ที่ใช้ในการคำนวณตัวแบบการส่งต่อ

```

model:

sets:
m/1..831/:demand,y; !demand ที่จุด i;
n/1..51/:x; !ตัวแปรกำหนดจุดจอตลอดที่จุด j;
h/1..831/:hospital,z;
link(m,n):matrix;
endsets

data:
demand = @OLE("C:\Users\user\Desktop\lingo\submission","totaldemand"); !demand ที่จุด
m(i);
hospital = @OLE("C:\Users\user\Desktop\lingo\submission","alsset"); !เชื้อดของ Wals;
matrix = @OLE("C:\Users\user\Desktop\lingo\submission","frset"); !เชื้อดของ Wfr;
enddata

!objective function;
max=@sum(m(i):demand(i)*y(i))+@sum(m(i):demand(i)*hospital(i));

@for(m(i):@sum(n(j):matrix(i,j)*x(j))>=y(i)); !ที่จุด i จะมีรถวิ่งเข้าไปขึ้นอยู่กับ y(i);

@for(n(j):@bin(x(j)));
@for(m(i):@bin(y(i)));
@for(h(k):@bin(z(k))); !x(j),y(i),z(k)เป็น binary;

@sum(n(j):x(j))=1; ! p กำหนดจำนวนจุดจอตลอด fr ที่เพิ่มเข้าไป;

end

```



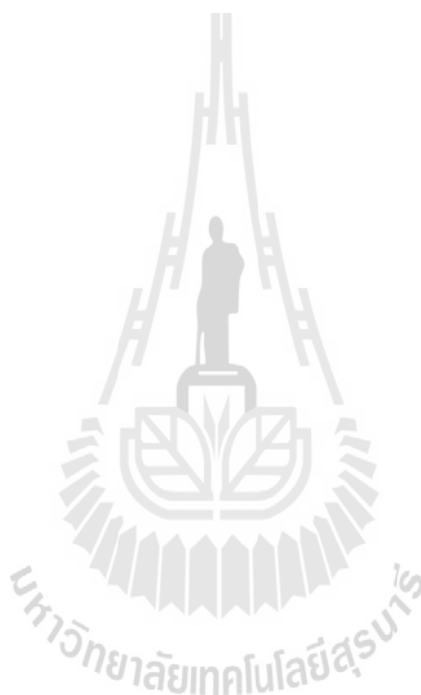
ภาคผนวก ง

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา



## รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

วโรธ อินทศิริพงษ์ และพงษ์ชัย จิตตะมัย. (2557). **ตัวแบบการกำหนดจุดจอต้อนรับบริการทาง  
การแพทย์ฉุกเฉินโดยใช้ระบบการส่งต่อ. การประชุมสัมมนาทางวิชาการด้านการจัดการโล  
จิสติกส์และโซ่อุปทาน ThaiVCML\_2014. ครั้งที่ 14 วันที่ 21 พฤศจิกายน 2557 โรงแรม  
รามาดา พลาซ่า แม่น้ำ ริเวอร์ไซด์ (กรุงเทพฯ).**



## ตัวแบบการกำหนดจุดจอดรถบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินโดยใช้ระบบการส่งต่อ Emergency Medical Service Location Problem with Subsequent Submission.

วโรรส อินทศิริพงษ์<sup>1\*</sup>, พงษ์ชัย จิตตะมัย<sup>2</sup>

Waroros Intarasiripong<sup>1\*</sup>, Phongchai Jittamai<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>School of Industrial Engineering, Institute of Engineering,  
 Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima  
 Tel. 044-224-264 Fax. 044-224-604 E-mail: waroros.isa@gmail.com

<sup>2</sup>School of Industrial Engineering, Institute of Engineering,  
 Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima  
 Tel. 044-224-264 Fax. 044-224-604 E-mail: jittamai@sut.ac.th

### บทคัดย่อ

การกำหนดจุดจอดรถบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินนั้นมีความสำคัญที่จะจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบกำหนดจุดจอดรถบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินโดยใช้ระบบการส่งต่อ ให้ครอบคลุมจำนวนประชากรสูงสุด ตัวแบบนี้ได้พัฒนามาจากตัวแบบของปัญหา Maximum Covering Location Problem (MCLP) เพื่อเป็นแนวทางการจัดสรรตำแหน่งและจำนวนจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินระดับ FR (First Responder) ซึ่งเป็นรถฉุกเฉินระดับเบื้องต้น ให้สามารถไปรับแล้วส่งต่อผู้ประสบเหตุฉุกเฉินไปยังรถฉุกเฉินระดับ ALS (Advanced Life Support Unit) ที่มีขีดความสามารถสูงกว่าที่มาจากโรงพยาบาลและไม่สามารถเข้าถึงจุดเกิดเหตุได้ภายในเวลา 8 นาที โดยนำโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO มาใช้คำนวณตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ของตำแหน่ง ความเร็ว และจำนวนของจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินทั้งระดับ ALS และระดับ FR ที่ส่งผลโดยตรงต่อจำนวนประชากรที่สามารถเข้าถึงบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินนี้ ทั้งโดยตรงจากโรงพยาบาลเองหรือจากการส่งต่อดังกล่าว ผลลัพธ์จากการคำนวณสถานการณ์ที่ได้จำลองขึ้นพบว่า เมื่อเพิ่มจุดจอดรถฉุกเฉินระดับ FR เพื่อส่งต่อเข้าในระบบนั้น ทำให้จำนวนประชากรที่สามารถเข้าถึงบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินภายในเวลา 8 นาทีนี้เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: หน่วยแพทย์ฉุกเฉิน; การส่งต่อ; ปัญหาการกำหนดที่ตั้ง; ระยะเวลาตอบสนอง

### Abstract

Emergency Medical Services (EMSs) location problem aims to allocate limited emergency resources effectively. The main purpose of this study is to develop mathematical model of EMS Locations with subsequent submission. The objective of the model is to allocate the emergency vehicle from First Responder (FR) location to incidents first and then refer the patient to Advanced Life Support Unit (ALS) emergency vehicle because the ALS vehicle cannot response to the incidents within 8 minutes. LINGO software is utilized to calculate the devised mathematical model to state that the relation of the position, velocity and the number of the EMS locations, both ALS and FR locations directly affect the EMSs accession of the population within 8 minutes. The simulated situations were calculated and the results showed that

when adding up FR vehicles for subsequent submission in this case, the EMSs accession of population rate are improved.

Keywords: Emergency Medical Services (EMSs); Subsequent submission; Location problem; Response time

## 1. บทนำ

ระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินหมายถึง การจัดให้มีการระดมทรัพยากรในพื้นที่หนึ่งๆ ให้สามารถช่วยเหลือผู้อาศัยในพื้นที่ได้มีโอกาสขอความช่วยเหลือในกรณีเจ็บป่วยฉุกเฉินทั้งในภาวะปกติและในภาวะภัยพิบัติได้ โดยจัดให้มีระบบการรับแจ้งเหตุ ระบบการเข้าช่วยเหลือผู้บาดเจ็บป่วยฉุกเฉิน ณ จุดเกิดเหตุ ระบบการลำเลียงขนย้ายและการส่งผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินให้แก่โรงพยาบาลที่เหมาะสมได้อย่างมีคุณภาพและรวดเร็วตลอด 24 ชั่วโมง [1] การเกิดเหตุฉุกเฉินนั้นเป็นสิ่งที่ยากเกินจะคาดเดา หากแต่เมื่อเกิดขึ้นเมื่อใด ก็ล้วนแล้วแต่นำความสูญเสียตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ หลายครอบครัวสูญเสียทรัพย์สิน ชีวิต ทรัพย์สิน นำไปสู่ปัญหาที่ตามมาทั้งด้านสังคม เศรษฐกิจ และการพัฒนาประเทศ การจัดระบบการแพทย์ฉุกเฉินเพื่อให้ประชาชนเข้าถึงได้อย่างทั่วถึงและปลอดภัย ถือเป็นบริการขั้นพื้นฐานที่ประชาชนพึงได้รับอย่างทั่วถึงและเท่าเทียมกัน

หน่วยปฏิบัติการฉุกเฉินนั้นแบ่งได้ 4 ระดับ คือ หน่วยปฏิบัติการฉุกเฉินระดับสูง (Advanced Life Support; ALS) หน่วยปฏิบัติการฉุกเฉินระดับกลาง (Intermediate Life Support; ILS) หน่วยปฏิบัติการฉุกเฉินระดับต้น (Basic Life Support; BLS) และหน่วยปฏิบัติการฉุกเฉินเบื้องต้น (First Responder; FR) [3,4] แต่ละระดับจะมีขีดความสามารถในการให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉินแตกต่างกัน โดยรถฉุกเฉินแต่ละคันจะมีอุปกรณ์ช่วยชีวิตพื้นฐานคล้ายกันแต่สิ่งที่แตกต่างกันอย่างเด่นชัดของแต่ละระดับคือบุคลากรทางการแพทย์ที่อยู่บนรถนั่นเอง

ปัจจัยที่ทำให้รถฉุกเฉินระดับ ALS ที่มีขีดความสามารถสูงจอดอยู่ที่โรงพยาบาลเนื่องมาจากบุคลากรประจำรถที่มีคุณสมบัติครบถ้วนส่วนใหญ่เป็นบุคลากรของโรงพยาบาลนั่นเอง หากจัดจุดจอดรถฉุกเฉินระดับ ALS ไว้นอกโรงพยาบาลเพื่อรับรถเหตุฉุกเฉินที่ไม่สามารถคาดเดาได้นั้น ย่อมเป็นการสูญเสียทั้งในด้าน เวลา ค่าใช้จ่าย และประสิทธิภาพการทำงาน ผู้วิจัยจึงเสนอตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่จะหาจุดจอดรถฉุกเฉินระดับ FR ที่คล่องตัว ยืดหยุ่น ใช้งบประมาณน้อย และมีมากมาย มาสนับสนุนการทำงาน โดยรถฉุกเฉินระดับ FR จะทำหน้าที่ไปรับผู้ประสบเหตุฉุกเฉินที่อยู่ห่างไกล ก่อนจะส่งต่อไปยังรถฉุกเฉินระดับ ALS ที่มาจากโรงพยาบาล ณ จุดนัดพบภายในเวลาที่กำหนด เพื่อให้ครอบคลุมจำนวนประชากรที่จะได้รับการบริการการแพทย์ฉุกเฉินในระดับสูงนี้ให้มากที่สุด ซึ่งรถฉุกเฉินระดับ ALS ยังคงอยู่ประจำที่โรงพยาบาลเหมือนเดิม โดยใช้ตัวแบบ Maximal Covering Location Problem (MCLP) [2,7-9] เป็นพื้นฐาน ซึ่งตัวแบบ MCLP นี้มีแนวคิดเพื่อหาจุดให้บริการที่ครอบคลุมความต้องการให้ได้มากที่สุดภายในเวลา หรือระยะทาง ตามที่กำหนดโดยมีเงื่อนไขข้อจำกัดด้านจำนวนจุดบริการ ซึ่งตรงกับงานของผู้วิจัยที่จะเน้นถึงจำนวนประชากรที่จะเข้าถึงการบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินให้ได้มากที่สุดภายใต้ระยะเวลาและข้อจำกัดด้านจำนวนจุดบริการเช่นกัน

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1. ที่มาของระบบการแพทย์ฉุกเฉิน

ระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินเริ่มได้รับการพัฒนาดังแต่ปี 2532 เมื่อกรมการแพทย์กระทรวงสาธารณสุขได้รับงบประมาณสนับสนุนให้จัดทำระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน การพัฒนาระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินที่ผ่านมา พบว่าระบบการแพทย์ฉุกเฉินยังขาดระบบบริหารจัดการด้านบุคลากร อุปกรณ์ และเครื่องมือช่วยเหลือผู้ป่วยฉุกเฉิน รวมทั้งยังขาดหน่วยงานรับผิดชอบประสานการปฏิบัติการ จึงเป็นที่มาของพระราชบัญญัติการแพทย์ฉุกเฉิน พ.ศ. 2551 ซึ่งได้กำหนดให้มีคณะกรรมการการแพทย์ฉุกเฉินเพื่อกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับการแพทย์ฉุกเฉิน ตลอดจนกำหนดให้มีสถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติขึ้นเป็นหน่วยรับผิดชอบการบริหารจัดการ การประสานงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน และการส่งเสริมให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเข้ามามีบทบาทในการบริหารจัดการเพื่อให้เกิดความร่วมมือในการปฏิบัติงานด้านการแพทย์ฉุกเฉิน

ร่วมกัน เพื่อให้ผู้ป่วยฉุกเฉินได้รับการคุ้มครองสิทธิในการเข้าถึงระบบการแพทย์ฉุกเฉินอย่างทั่วถึง เท่าเทียม มีคุณภาพมาตรฐาน โดยได้รับการช่วยเหลือและรักษาพยาบาลที่มีประสิทธิภาพและทันต่อเหตุการณ์มากขึ้น [5]

## 2.2. ขั้นตอนในระบบการแพทย์ฉุกเฉิน

ระบบปฏิบัติการฉุกเฉินในปัจจุบันแยกเวลาดังกล่าวได้ดังนี้



รูปที่ 1 : ระยะเวลาของการปฏิบัติการการแพทย์ฉุกเฉิน

T0-T1 คือ ระยะเวลาที่ผู้พบเหตุฉุกเฉิน ตัดสินใจแจ้งเหตุไปที่หมายเลข 1669 เพื่อขอความช่วยเหลือทางการแพทย์

T1-T2 คือ ระยะเวลาที่ผู้โทรแจ้งเหตุทางโทรศัพท์จนถึงผู้รับแจ้งเหตุของศูนย์ 1669 รับสาย

T2-T3 คือ ระยะเวลาการรวบรวมข้อมูลของผู้รับแจ้งเหตุในการรับแจ้งเหตุและทำการตัดสินใจในการสั่งการชุดปฏิบัติการฉุกเฉินที่เหมาะสมออกไปที่เกิดเหตุ

T3-T4 คือ ระยะเวลาตั้งแต่การสั่งการไปถึงชุดปฏิบัติการฉุกเฉินถึงชุดปฏิบัติการฉุกเฉินเคลื่อนที่ออกจากที่ตั้ง

T4-T5 คือ ระยะเวลาตั้งแต่ยานพาหนะเคลื่อนตัวออกจากที่ตั้งจนกระทั่งไปถึงจุดเกิดเหตุ

T5-T6 คือ ระยะเวลาตั้งแต่ชุดปฏิบัติการถึงที่เกิดเหตุถึงเจ้าหน้าที่ถึงตัวผู้ป่วยฉุกเฉิน

T6-T7 คือ ระยะเวลาการรักษาพยาบาลในจุดเกิดเหตุ

T7-T8 คือ ระยะเวลาในการนำผู้ป่วยฉุกเฉินส่งโรงพยาบาล

เพื่อให้เกิดความชัดเจนจึงได้กำหนดความหมายของระยะเวลาไว้ดังนี้

1. Response time คือระยะเวลาตั้งแต่ผู้รับแจ้งเหตุรับสายโทรศัพท์ถึงเวลาที่ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินไปถึงที่เกิดเหตุ (T2-T5)

2. Scene-action time คือระยะเวลาตั้งแต่ผู้รับแจ้งเหตุรับสายโทรศัพท์ถึงเวลาที่ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินให้การดูแลในที่เกิดเหตุ จนกระทั่งรถถอนออกจากที่เกิดเหตุ (T2-T7)

3. Operation time คือระยะเวลาตั้งแต่ผู้รับแจ้งเหตุรับสายโทรศัพท์ถึงเวลาที่ชุดปฏิบัติการนำผู้ป่วยฉุกเฉินถึงโรงพยาบาล (T2-T8) [5]

ในการปฏิบัติการฉุกเฉินแต่ละครั้ง “เวลา” ตั้งแต่การรับรู้การเจ็บป่วยฉุกเฉินถึงชุดปฏิบัติการไปถึงที่เกิดเหตุ (Response time) เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเสียชีวิต ความพิการ การบาดเจ็บที่รุนแรงมากขึ้นของผู้ป่วยฉุกเฉินได้ (อุบล ยี่เอ็ง ,2549)

## 2.3. การแก้ไขปัญหาด้านตำแหน่งของจุดบริการแพทย์ฉุกเฉิน

การหาตำแหน่งของจุดบริการการแพทย์ฉุกเฉินให้ครอบคลุมประชากรมากที่สุดนั้นสามารถจัดเป็นปัญหา FLP (Facility Location Problem) ชนิดหนึ่ง ซึ่งปัญหา FLP นี้จะเลือกตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมโดยพิจารณา ณ เวลาใดเวลาหนึ่งที่ทำการตัดสินใจ และพิจารณาปัจจัยนำเข้าเช่น ความต้องการของลูกค้า ตำแหน่งของลูกค้า ต้นทุนการขนส่ง เป็นต้น เป็นค่าที่ทราบค่าแน่นอนและมีค่าคงที่ได โดยปัญหานี้สามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภทย่อยตามวัตถุประสงค์ในการตั้งสถานที่ให้บริการได้ดังนี้ [2]

2.3.1. ปัญหาระยะทางรวมน้อยที่สุด (Minimum Facility Location Problem) เป็นปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการจำนวน  $P$  แห่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ค่าใช้จ่าย ระยะทาง หรือเวลาในการขนส่งระหว่างสถานที่ให้บริการกับลูกค้าทุกคนมีค่าน้อยที่สุด

2.3.2. ปัญหาครอบคลุมความต้องการของลูกค้า (Covering Problem) เป็นปัญหาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ลูกค้าสามารถเข้ารับบริการได้อย่างทั่วถึงด้วยระยะทางหรือระยะเวลาที่ยอมรับได้ โดยในที่นี้การให้บริการจะครอบคลุมความต้องการของลูกค้าก็ต่อเมื่อสถานที่ให้บริการอยู่ห่างจากลูกค้าในระยะที่กำหนดไว้ หรือลูกค้าสามารถเดินทางมารับบริการได้ในระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งปัญหาประเภทนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. ปัญหาครอบคลุมความต้องการของลูกค้าทุกคนด้วยต้นทุนน้อยที่สุด (Set Covering Problem) เป็นการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการโดยใช้จำนวนหรือต้นทุนในการสร้างสถานที่ให้บริการที่น้อยที่สุดเพื่อให้ครอบคลุมกลุ่มลูกค้าทั้งหมด

2. ปัญหาครอบคลุมความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุด (Maximal Covering Problem) เป็นการเลือกตำแหน่งที่ตั้งให้กับสถานที่ให้บริการจำนวน  $P$  แห่ง เพื่อให้สามารถครอบคลุมความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุด

2.3.3. ปัญหาระยะทางไกลที่น้อยที่สุด (Minimax Facility Location Problem) เป็นการเลือกตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมให้กับสถานที่ให้บริการ  $P$  แห่ง เพื่อให้ลูกค้าที่อยู่ไกลที่สุดได้อยู่ใกล้สถานที่ให้บริการมากที่สุดโดยทั่วไปจะเรียกปัญหานี้ว่า ปัญหา  $p$ -Center

2.3.4. ปัญหาสถานที่ให้บริการที่ไม่พึงประสงค์ (Obnoxious Facility Location Problem) เนื่องจากสถานที่ให้บริการที่กล่าวถึงในปัญหานี้ข้างต้นนั้นเป็นสถานที่ให้บริการที่มีลักษณะทั่วไปคือ ยิ่งลูกค้าอยู่ใกล้ยิ่งสะดวกและดี แต่ปัญหาในประเภทนี้เกิดขึ้นในกรณีที่สถานที่ให้บริการไม่เป็นที่พึงประสงค์นี้ตั้งอยู่ใกล้กลุ่มลูกค้าอาจเป็นอันตรายต่อสุขอนามัยหรือสวัสดิภาพของสถานที่ใกล้เคียง แต่ก็เป็นที่ที่มีประโยชน์และยังคงไม่ต้องการให้อยู่ห่างจากลูกค้าจนเกินไปเนื่องจากเหตุผลด้านต้นทุนการขนส่ง เช่น โรงงานกำจัดขยะโรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์ บ่อบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

2.3.5. ปัญหาอื่น ๆ ปัญหาที่ขยายผลมาจากปัญหาทั้ง 4 ประเภทข้างต้นมีความหลากหลายตามรายละเอียดเพิ่มเติมของปัญหา ตัวอย่างเช่น กรณีที่สถานที่ให้บริการที่พิจารณาให้บริการหรือขายสินค้าที่มีความหลากหลาย (Multi-commodity) หรือกรณีที่มีการส่งมอบสินค้าในหลายระดับ (Multi-level) เช่น อาจมีสินค้าบางส่วนถูกส่งมอบโดยตรงจากโรงงานไปยังลูกค้าและอาจมีบางส่วนถูกส่งจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้าก่อนแล้วจึงกระจายสินค้าจากศูนย์ไปยังลูกค้าอีกครั้งหนึ่ง หรือในกรณีที่เป้าหมายในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้งสถานที่ให้บริการมากกว่าหนึ่ง (Multi-objective) หรือปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการเพื่อให้ต้นทุนรวม เช่น ด้านการก่อสร้างการดำเนินการและการขนส่งต่ำที่สุด (Fixed Charged Facility Location Problem) เป็นต้น

3. ตัวแบบการกำหนดจุดจอตลอดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินโดยใช้ระบบการส่งต่อ (Emergency Medical Service Location Problem with Subsequent Submission : EMSLP\_SS)

### 3.1. นิยามของปัญหา

ปัญหาการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉิน จัดได้ว่าเป็นปัญหาการกำหนดที่ตั้งให้ครอบคลุมปริมาณความต้องการให้มากที่สุด (Maximal Covering Problem) ซึ่งในปัญหานี้มีระยะเวลาเป็นข้อจำกัด กล่าวคือ response time เท่ากับ 8 นาที ซึ่งจากรูปที่ 1 พบว่า response time นี้ประกอบด้วยเวลา 3 ส่วนคือ

1. ระยะเวลาที่ผู้รับสายรับแจ้งเหตุจนถึงสั่งการ
2. ระยะเวลาการส่งการชุดปฏิบัติการจนชุดปฏิบัติการออกจากที่ตั้ง

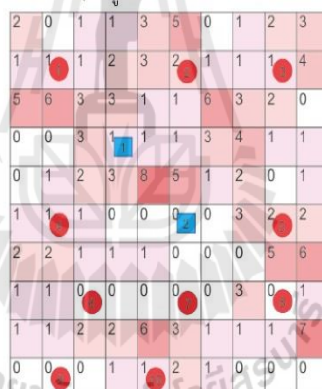
### 3. ระยะเวลาที่รถฉุกเฉินเคลื่อนออกจากที่ตั้งจนถึงจุดเกิดเหตุ

ซึ่งกระบวนการดังกล่าวตามมาตรฐานใช้เวลาไม่เกิน 8 นาที [5,6] แต่เนื่องจากระยะเวลาในช่วงรับสายจนถึงเวลาที่รถฉุกเฉินออกจากที่ตั้งมีค่าน้อยมากอีกทั้งยังไม่มีมาตรฐานที่ชัดเจน ผู้วิจัยจึงพิจารณาเฉพาะเวลาที่รถฉุกเฉินระดับ ALS เริ่มออกจากที่ตั้งจนถึงจุดเกิดเหตุให้ใช้เวลาไม่เกิน 8 นาทีเท่านั้น

นอกจากนี้แล้วระดับของรถฉุกเฉินที่มีหลายระดับคือ ALS, ILS, BLS และ FR การจัดสรรระดับของรถให้เหมาะสมกับความสามารถของเหตุก็มีความสำคัญ ผู้วิจัยจึงเลือกรถฉุกเฉินระดับ ALS ซึ่งมีศักยภาพสูงสามารถรองรับเหตุฉุกเฉินทุกระดับมาใช้และเลือกใช้รถฉุกเฉินระดับ FR ที่คล่องตัวและมีมากมายเพื่อส่งต่อผู้ประสบเหตุฉุกเฉินให้กับรถฉุกเฉินระดับ ALS ต่อไป

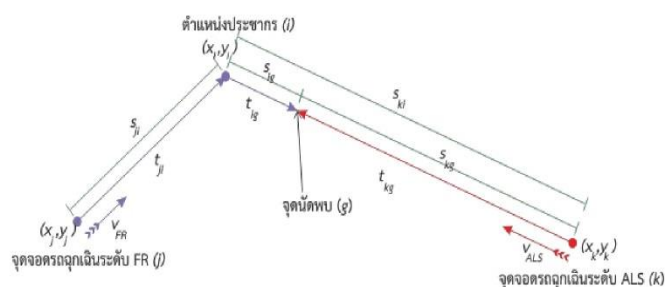
#### 3.2 การกำหนดตัวอย่างปัญหา

ในที่นี้ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดปัญหาออกเป็นพื้นที่ขนาด  $10 \times 10$  กิโลเมตร โดยได้แบ่งพื้นที่ออกเป็นตาราง (grid) ซึ่งแต่ละตารางมีขนาด  $1 \times 1$  กิโลเมตร โดยกำหนดให้จุดศูนย์กลางของตารางเป็นเสมือนจุดตัวแทนของจุดเกิดเหตุที่อาจเกิดขึ้นกับประชากรในตารางนั้น จากนั้นได้กำหนดความหนาแน่นของประชากร (คนต่อตารางกิโลเมตร) ในแต่ละ grid รวมถึงจุดที่กำหนดให้เป็นจุดจอร์รถฉุกเฉินระดับ ALS ของโรงพยาบาล (สี่เหลี่ยม 1 และ 2) และจุดที่จะเลือกพิจารณาเป็นจุดที่จะสามารถตั้งเป็นจุดจอร์รถฉุกเฉินระดับ FR ได้ (วงกลม 1 ถึง 10) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 : ความหนาแน่นของประชากรในแต่ละ grid และตำแหน่งที่ตั้งของรถฉุกเฉินทั้งสองประเภท

#### 3.3. การคำนวณระยะเวลาของการส่งต่อในแต่ละจุด



รูปที่ 3 : แนวคิดตัวแบบการส่งต่อ

จากรูปที่ 3 เมื่อพิจารณาตำแหน่งประชากรที่จุด  $i$  ซึ่งต้องการบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินที่อยู่ห่างจากรถฉุกเฉินระดับ ALS ที่จอดที่จุด  $k$  ซึ่งไม่สามารถไปถึงได้ภายใน 8 นาที รถฉุกเฉินระดับ FR ณ จุด  $j$  ที่สามารถเข้าถึงได้ก่อนจะออกไปปฏิบัติภารกิจ ณ จุด  $i$  นั้นก็จะทำการส่งต่อให้กับรถฉุกเฉินระดับ ALS ที่วิ่งออกมาจากจุด  $j$  ที่จุดนัดพบ  $g$

ระยะเวลาที่รถฉุกเฉินระดับ FR จากจุด  $j$  ไปยังจุด  $i$  คือ  $t_{ji}$  รวมกับระยะเวลาจากจุด  $i$  ไปยังจุดนัดพบ  $g$  คือ  $t_{ig}$  เป็นขั้นตอนที่จะใช้เวลารวมกันไม่เกิน 8 นาที โดยความเร็วของรถฉุกเฉินมีความสัมพันธ์กับเวลา คือ  $v = \frac{s}{t}$  ( $v$  คือความเร็ว  $s$  คือระยะทาง และ  $t$  คือเวลา)  $s_{ji}$  คือระยะทางจากจุดจอดรถฉุกเฉินระดับ FR  $j$  ใดๆไปยังตำแหน่งของประชากร  $i$   $s_{ig}$  คือระยะทางจากรถฉุกเฉินระดับ FR ที่ออกจากจุด  $i$  นั้นไปยังจุดส่งต่อ  $g$   $s_{kg}$  คือระยะทางจากโรงพยาบาลไปถึงจุดส่งต่อ  $s_{ki}$  คือระยะทางจากโรงพยาบาล  $k$  ไปยังตำแหน่ง  $i$  ข้างต้น โดยมี  $v_{FR}$  และ  $v_{ALS}$  เป็นความเร็วรถฉุกเฉินระดับ FR และ ALS ตามลำดับ เพื่อให้เวลา response time ไม่เกิน 8 นาที จะได้ว่า  $t_{ji} + t_{ig} \leq 8$  โดยสามารถหาค่า  $t_{ji}$  และ  $t_{ig}$  ได้ดังนี้

$$\text{จาก } t_{ji} = \frac{s_{ji}}{v_{FR}}$$

$$\text{โดย } s_{ji} = \sqrt{(x_j^2 - x_i^2) + (y_j^2 - y_i^2)} \quad (1)$$

$$\text{และ } s_{ki} = \sqrt{(x_k - x_i)^2 + (y_k - y_i)^2} \quad (2)$$

$$\text{จะได้ } t_{ji} = \frac{\sqrt{(x_j^2 - x_i^2) + (y_j^2 - y_i^2)}}{v_{FR}} \quad (3)$$

สำหรับ  $t_{ig}$  หาได้ดังต่อไปนี้

$$s_{ki} = s_{ig} + s_{kg}$$

$$s_{ki} = v_{FR}t_{ig} + v_{ALS}(t_{ji} + t_{ig})$$

$$s_{ki} = v_{FR}t_{ig} + v_{ALS}t_{ji} + v_{ALS}t_{ig}$$

$$s_{ki} - v_{ALS}t_{ji} = v_{FR}t_{ig} + v_{ALS}t_{ig}$$

$$(v_{FR} + v_{ALS})t_{ig} = s_{ki} - v_{ALS}t_{ji}$$

$$\therefore t_{ig} = \frac{s_{ki} - v_{ALS}t_{ji}}{v_{FR} + v_{ALS}} \quad (4)$$

เพื่อให้ระยะเวลาตอบสนองไม่เกิน 8 นาที ( $t_{ji} + t_{ig} \leq 8$ ) จะได้

$$\frac{s_{ji}}{v_{FR}} + \frac{s_{ki} - v_{ALS}t_{ji}}{v_{FR} + v_{ALS}} \leq 8$$

### 3.4. ตัวแบบ EMSLP\_SS

ตัวแบบ EMSLP\_SS ได้ขยายและปรับปรุงมาจากตัวแบบ MCLP ซึ่งได้กำหนดตัวแปรดังนี้

$i$  คือ จุดศูนย์กลางตำแหน่งประชากร

$j$  คือ จุดที่พิจารณาเป็นจุดจอตรกฤณเณรระดับ FR

$k$  คือ ตำแหน่งของโรงพยาบาลที่มีรฤณเณรระดับ ALS จอตอยู่

$U$  คือ เซตของจุดจอตรกฤณเณรระดับ FR

$V$  คือ เซตของตำแหน่งประชากร

$Z$  คือ เซตของจุดจอตรกฤณเณรระดับ ALS โดยอยู่ ณ โรงพยาบาล

$d_i$  คือ จำนวนประชากรที่จุด  $i$

$p$  คือ จำนวนจุดจอตรกฤณเณรระดับ FR ที่ต้องการเพิ่ม

$q$  คือ จำนวนจุดจอตรกฤณเณรระดับ ALS (จำนวนโรงพยาบาล)

$$x_j = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อจุด } j \text{ มีรฤณเณรระดับ FR จอตอยู่} \\ 0 & \text{เมื่อจุด } j \text{ ไม่มีรฤณเณรระดับ FR จอตอยู่} \end{cases}$$

$$m_k = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อจุด } k \text{ มีรฤณเณรระดับ ALS จอตอยู่} \\ 0 & \text{เมื่อจุด } k \text{ ไม่มีรฤณเณรระดับ ALS จอตอยู่} \end{cases}$$

$$y_i^{ALS} = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อจุด } i \text{ มีรฤณเณรระดับ ALS สามารถเข้าถึงภายในเวลาที่ 8 นาที} \\ 0 & \text{เมื่อจุด } i \text{ ไม่มีรฤณเณรระดับ ALS สามารถเข้าถึงภายในเวลา 8 นาที} \end{cases}$$

$$y_i^{FR} = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อจุด } i \text{ มีรฤณเณรระดับ FR ส่งต่อผู้ป่วยไปรฤณเณรระดับ ALS ภายในเวลา 8 นาที} \\ 0 & \text{เมื่อจุด } i \text{ ไม่มีรฤณเณรระดับ FR ส่งต่อผู้ป่วยไปรฤณเณรระดับ ALS ภายในเวลา 8 นาที} \end{cases}$$

ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ สามารถอธิบายได้ในรูปแบบของเซต เมื่อจุด  $i \in V$  มีรฤณเณรระดับ ALS ที่จอต ณ โรงพยาบาล  $k \in Z$  เข้าถึงได้ภายในเวลา 8 นาที ( $t_{ki} \leq 8$ ) จะแทนความสัมพันธ์นี้ด้วย  $W_i^{ALS} = \{k \in Z | t_{ki} \leq 8\}$  และหากจุด  $i$  ใดๆ ไม่มีรฤณเณรระดับ ALS จากจุดจอตรกฤณเณรโรงพยาบาล  $k$  ไปถึงได้ภายใน 8 นาทีแต่มีรฤณเณรระดับ FR จากจุด  $j \in U$  ไปรับที่จุด  $i$  ด้วยเวลา  $t_{ji}$  และวิ่งไปจุดนัดพบ  $g$  ด้วยเวลา  $t_{ig}$  ส่งต่อไปยังรฤณเณรที่ออกมาจากจุด  $k$  ได้ทันภายใน 8 นาที ( $t_{ji} + t_{ig} \leq 8$ ) จะแทนความสัมพันธ์นี้ด้วย  $W_i^{FR} = \{j \in U | t_{ji} + t_{ig} \leq 8 \text{ and } t_{ki} > 8\}$  ได้ตัวแบบดังนี้



ตัวแบบการกำหนดจุดจอดรถบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินโดยใช้ระบบการส่งต่อ (EMSLP\_SS)

สมการเป้าหมาย

$$Max. = \left[ \sum_{i \in V} d_i y_i^{FR} \right] + \left[ \sum_{i \in V} d_i y_i^{ALS} \right] \quad (5)$$

สมการและข้อจำกัด

$$\sum_{k \in W_i^{ALS}} m_k \geq y_i^{ALS} \quad (6)$$

$$\sum_{j \in W_i^{FR}} x_j \geq y_i^{FR} \quad (7)$$

$$\sum_{k \in Z} m_k = q \quad (8)$$

$$\sum_{j \in U} x_j = p \quad (9)$$

$$W_i^{ALS} = \{k \in Z | t_{ki} \leq 8\} \quad (10)$$

$$W_i^{FR} = \{j \in U | t_{ji} + t_{ij} \leq 8 \text{ and } t_{ki} > 8\} \quad (11)$$

$$y_i^{ALS}, y_i^{FR} \in \{0,1\}, i \in V \quad (12)$$

$$x_j \in \{0,1\}, j \in U \quad (13)$$

$$m_k \in \{0,1\}, k \in Z \quad (14)$$

ตัวแบบนี้มีจุดประสงค์เพื่อกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินระดับ FR ที่มีจำกัดให้ครอบคลุมจำนวนประชากร(%) ให้ได้รับการบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินมากที่สุด ซึ่งการให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉินนี้จะมาจากสองส่วนคือ จากระดับ ALS ที่จอดอยู่ที่โรงพยาบาลโดยตรงและจากการส่งต่อจากระดับ FR ดังสมการที่ (5) โดย  $y_i^{ALS}$  จากข้อกำหนดที่ (12) จะมีค่าเป็น 1 เมื่อจุด  $i$  นั้นมีรถฉุกเฉินระดับ ALS จากโรงพยาบาล  $k$  ใดๆ อย่างน้อย 1 แห่งเข้าถึงจุด  $i$  นั้นได้ภายใน 8 นาทีภายใต้เงื่อนไขที่ (10) ข้อจำกัดที่ (6) จะเป็นตัวกำหนดว่าหากจุด  $i$  ดังกล่าวไม่มีรถฉุกเฉินระดับ ALS เข้าถึงได้ภายใน 8 นาที  $m_k$  จะเป็น 0 และเมื่อใดที่จุด  $i$  ใดๆ  $y_i^{ALS}$  มีค่าเป็น 0 แต่มีรถฉุกเฉินระดับ FR จากจุด  $j$  ใดๆ สามารถมารับแล้วส่งต่อผู้ประสบเหตุไปยังรถฉุกเฉินระดับ ALS จากโรงพยาบาล  $k$  ที่ภายใน 8 นาทีตามเงื่อนไขที่ (11)  $y_i^{FR}$  จากข้อกำหนดที่ (12) จะเป็น 1 ซึ่งถ้าไม่มีแล้ว  $y_i^{FR}$  จะเป็น 0 ทำให้  $x_j$  จากเงื่อนไขที่ (13) เป็น 0 ด้วย ส่งผลให้จุด  $j$  ที่พิจารณานั้นไม่สามารถตั้งเป็นจุดจอดได้จากข้อจำกัดที่ (7) ในที่นี้กำหนดให้จำนวนจุดจอดของรถฉุกเฉินระดับ ALS ณ โรงพยาบาล  $k$  คือ  $q$  ดังสมการที่ (8) และจำนวนจุดจอดของรถฉุกเฉินระดับ FR ที่ต้องการเพิ่มเข้าไปคือ  $p$  ดังสมการที่ (9)

#### 4. ผลลัพธ์

##### 4.1. ผลลัพธ์เบื้องต้น

ในการทดลองตัวแบบ EMSLP\_SS เบื้องต้น ผู้วิจัยได้กำหนดความเร็วเฉลี่ยของรถฉุกเฉินทั้งสองประเภทให้มีความเร็วเท่ากันคือ 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งผลการทดลองตัวแบบ EMSLP\_SS ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO Ver.11 นี้แสดงได้จากตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 : ผลลัพธ์ของการทดสอบตัวแบบโดยกำหนดความเร็วรถฉุกเฉินทั้งสองประเภทเท่ากับ 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จำนวนจุดจอดรถฉุกเฉินแต่ละระดับ		จุดจอดรถระดับ FR (j) ที่ถูกเพิ่มเข้าไป	ร้อยละการครอบคลุม ประชากร (%)
ALS (30 กม./ชม. )	FR (30 กม./ชม.)		
2	0	-	73.65
2	1	8	83.83
2	2	8,3	92.81
2	3	8,3,9	98.8
2	4	8,3,9,1	100

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าที่ความเร็วเฉลี่ยที่ 30 กม./ชม. หากไม่มีรถฉุกเฉินระดับ FR ในระบบ ( $p=0$ ) มีเพียงรถฉุกเฉินระดับ ALS จากโรงพยาบาลเท่านั้น ( $q=2$ ) การครอบคลุมของจำนวนประชากรเท่ากับ 76.35% และหากทำปรับตัวแบบ โดยการเพิ่มจำนวนจุดจอดรถฉุกเฉินระดับ FR ( $p$ ) ให้เพิ่มขึ้นทีละ 1 จุด จะพบว่าจำนวนการครอบคลุมจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึง 100%

##### 4.2. ผลลัพธ์จากการปรับความเร็วรถฉุกเฉินทั้งสองระดับ

ในสถานการณ์จริงนั้นรถทั้งสองประเภทไม่ได้วิ่งด้วยความเร็วที่เท่ากัน ดังนั้นผู้วิจัยได้ปรับเปลี่ยนความเร็วของรถฉุกเฉินทั้งสองประเภท โดยกำหนดให้จำนวนรถฉุกเฉินระดับ ALS จากโรงพยาบาล ( $q$ ) ยังคงเท่ากับ 2 และทดสอบโปรแกรมด้วยการเพิ่มจำนวนจุดจอดรถฉุกเฉินระดับ FR ( $p$ ) ทีละ 1 จุด ซึ่งจำลองสถานการณ์ต่างๆ ดังนี้

4.2.1. รถฉุกเฉินระดับ ALS วิ่งด้วยความเร็ว 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและรถฉุกเฉินระดับ FR วิ่งด้วยความเร็ว 20, 30 และ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 2 : ผลลัพธ์ของการทดสอบตัวแบบโดยกำหนดความเร็วรถฉุกเฉินระดับ ALS เท่ากับ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จำนวนรถฉุกเฉินระดับ FR ที่เพิ่มเข้าไป (คัน)	ความเร็วรถฉุกเฉินระดับ FR					
	20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง		30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง		40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	
	จุดจอด FR ที่ถูกเพิ่มเข้าไป	จำนวนประชากร ที่ครอบคลุม (%)	จุดจอด FR ที่ถูกเพิ่มเข้าไป	จำนวนประชากร ที่ครอบคลุม (%)	จุดจอด FR ที่ถูกเพิ่มเข้าไป	จำนวนประชากร ที่ครอบคลุม (%)
0	-	94.01	-	94.01	-	94.01
1	3	99.4	3	99.4	3	99.4
2	3,9	100	3,4	100	2,10	100

4.2.2. รถฉุกเฉินระดับ ALS วิ่งด้วยความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและรถฉุกเฉินระดับ FR วิ่งด้วยความเร็ว 20, 30 และ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 3 : ผลลัพธ์ของการทดสอบตัวแบบโดยกำหนดความเร็วรถฉุกเฉินระดับ ALS เท่ากับ 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จำนวนรถฉุกเฉินระดับ FR ที่เพิ่มเข้าไป (คัน)	ความเร็วรถฉุกเฉินระดับ FR					
	20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง		30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง		40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	
	จุดจอด FR ที่ถูกเพิ่มเข้าไป	จำนวนประชากร ที่ครอบคลุม (%)	จุดจอด FR ที่ถูกเพิ่มเข้าไป	จำนวนประชากร ที่ครอบคลุม (%)	จุดจอด FR ที่ถูกเพิ่มเข้าไป	จำนวนประชากร ที่ครอบคลุม (%)
0	-	73.65	-	73.65	-	73.65
1	8	82.63	8	83.83	7	87.43
2	3,8	88.02	8,3	92.81	3,7	96.41
3	3,6,8	91.62	8,3,9	98.8	3,4,5	98.8
4	3,6,8,10	93.41	8,3,9,1	100	1,3,4,5	100
5	1,3,6,8,10	94.61	-	-	-	-
6	1,3,5,6,8,10	95.21	-	-	-	-
7	1,2,3,5,6,8,10	95.21	-	-	-	-

4.2.3. รถฉุกเฉินระดับ ALS วิ่งด้วยความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและรถฉุกเฉินระดับ FR วิ่งด้วยความเร็ว 20, 30 และ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4 : ผลลัพธ์ของการทดสอบตัวแบบโดยกำหนดความเร็วรถฉุกเฉินระดับ ALS เท่ากับ 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จำนวนรถฉุกเฉินระดับ FR ที่เพิ่มเข้าไป (คัน)	ความเร็วรถฉุกเฉินระดับ FR					
	20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง		30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง		40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	
	จุดจอด FR ที่ถูกเพิ่มเข้าไป	จำนวนประชากร ที่ครอบคลุม (%)	จุดจอด FR ที่ถูกเพิ่มเข้าไป	จำนวนประชากร ที่ครอบคลุม (%)	จุดจอด FR ที่ถูกเพิ่มเข้าไป	จำนวนประชากร ที่ครอบคลุม (%)
0	-	34.13	-	34.13	-	34.13
1	2	44.91	8	53.29	8	62.28
2	2,5	54.49	2,8	69.46	3,8	83.23
3	2,5,10	62.87	2,6,8	80.84	3,4,8	95.81
4	2,5,6,10	66.47	1,3,6,8	88.62	1,3,8,9	100
5	2,3,6,8,10	70.06	1,3,6,8,10	91.62	1,3,6,8,10	100
6	1,2,3,6,8,10	71.26	1,2,3,6,8,10	94.61	-	-
7	1,2,3,5,6,8,10	72.46	1,2,3,5,6,8,10	95.21	-	-
8	1,2,3,5,6,7,8,10	73.05	1,2,3,4,5,6,8,10	92.21	-	-
9	1,2,3,4,5,6,7,8,10	73.65	-	-	-	-
10	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	73.65	-	-	-	-

จากการทดลองปรับเปลี่ยนความเร็วของรถฉุกเฉินทั้งสองประเภทข้างต้นพบว่า การเพิ่มจุดจอดรถฉุกเฉินระดับ FR เพื่อส่งต่อผู้ป่วยให้กับรถฉุกเฉินระดับ ALS ที่ไม่สามารถมาถึงจุดเกิดเหตุได้ทัน 8 นาทีนั้น ทำให้มีเปอร์เซ็นต์จำนวนประชากรที่เข้าถึงบริการการแพทย์ฉุกเฉินมากขึ้น และจะเห็นได้ว่าถ้าวัดรถฉุกเฉินระดับ ALS ทำความเร็วได้สูง การเพิ่มจุดจอดเพื่อเพิ่มจำนวนจุดจอดของรถฉุกเฉินระดับ FR เพื่อการส่งต่ออาจไม่มีผลมากนัก ดังผลการทดสอบตัวแบบข้อ 4.2.1. แต่เมื่อรถฉุกเฉินระดับ ALS ไม่สามารถทำความเร็วได้มากนัก การเพิ่มรถฉุกเฉินระดับ FR เข้ามาในระบบ จะทำให้เปอร์เซ็นต์การครอบคลุมจำนวนประชากรนั้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ดังผลการทดสอบตัวแบบข้อ 4.2.2. และ 4.2.3. ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลของหน่วยแพทย์ฉุกเฉิน

จังหวัดนครราชสีมาพบว่า ความเร็วเฉลี่ยของรถฉุกเฉินระดับ ALS มีค่าประมาณ 35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และความเร็วเฉลี่ยของรถฉุกเฉินระดับ FR มีค่าประมาณ 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะเห็นได้ว่า หากนำตัวแบบนี้มาประยุกต์ใช้ ก็น่าจะทำให้การเข้าถึงการบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินของประชากรเพิ่มขึ้นเช่นกัน

#### 5. สรุปผลการวิจัย

ปัญหาการกำหนดที่ตั้งจุดจอดรถฉุกเฉิน(Emergency Medical Service Location Problem) ถือว่าเป็นปัญหาการกำหนดที่ตั้งซึ่งต้องจัดสรรทรัพยากรได้แก่ รถฉุกเฉินในแต่ละประเภท จุดจอด และบุคลากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะใช้รถฉุกเฉินแต่ละระดับมาใช้ร่วมกันในรูปแบบของการส่งต่อผู้ป่วย โดยผู้วิจัยได้จัดตั้งปัญหาการกำหนดจุดจอดรถบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินโดยใช้ระบบการส่งต่อ (EMSLP\_SS) ซึ่งขยายและปรับปรุงมาจากตัวแบบ MCLP โดยพิจารณาถึงการครอบคลุมประชากรที่จะได้รับการบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินในระดับสูงสุดให้ได้มากที่สุด ถึงแม้จะอยู่ห่างไกลก็มีโอกาสได้รับการบริการจากระบบการส่งต่อ ผลจากการทดสอบตัวแบบ EMSLP\_SS พบว่า หากมีการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินระดับ FR เพื่อส่งต่อผู้ป่วยให้รถฉุกเฉินระดับ ALS อย่างเหมาะสม จะทำให้เปอร์เซ็นต์การครอบคลุมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ยกตัวอย่างเช่น ผลของการทดสอบตัวแบบในตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าเมื่อรถฉุกเฉินระดับ ALS วิ่งด้วยความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยไม่มีระบบการส่งต่อผู้ป่วยจากรถฉุกเฉินระดับ FR นั้น เปอร์เซ็นต์การครอบคลุมประชากรมีค่าเท่ากับ 34.13% และเมื่อนำรถฉุกเฉินระดับ FR เข้ามาวิ่งเพื่อส่งต่อผู้ป่วยประสบเหตุด้วยความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์การครอบคลุมเพิ่มขึ้นเป็น 73.65% ด้วยจำนวนจุดจอดรถระดับ FR 9 แห่ง และถ้าวัดรถฉุกเฉินระดับ FR ทำความเร็วได้สูงขึ้นเป็น 30 และ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์การครอบคลุมประชากรก็จะเพิ่มเป็น 95.21% และ 100% ด้วยจุดจอดรถระดับ FR ที่ลดลงเหลือ 7 และ 4 จุดตามลำดับ

จากผลลัพธ์ของตัวแบบ EMSLP\_SS นี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการแพทย์ฉุกเฉินในพื้นที่อื่นๆ ตลอดจนวางแผนรับมือกับปัญหาการจราจรในพื้นที่ตัวเมือง รวมถึงการพิจารณาปัจจัยอื่นๆเพิ่มเติมนอกเหนือจากจำนวนประชากร เช่น จำนวนการเกิดเหตุฉุกเฉิน นอกจากนี้ตัวแบบ EMSLP\_SS ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานขนส่งที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับปัญหาดังกล่าวข้างต้นได้

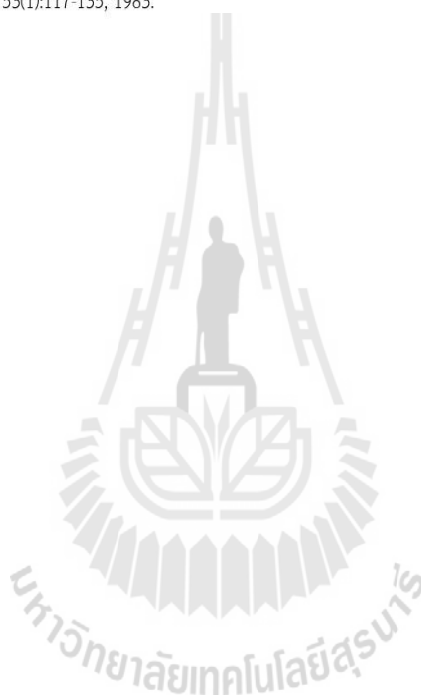
กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ ประจำปี พ.ศ.2556

#### บรรณานุกรม

- [1] กัญญา วังศรี., 2556., “การบริหารการแพทย์ฉุกเฉินในประเทศไทย The EMS system in Thailand”, การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 29 ประจำปี 2556.
- [2] จันทศิริ สิงห์เดือน., 2554., วิศวกรรมสาร มก., “การเลือกตำแหน่งสถานที่ให้บริการด้วยวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด”, ฉบับที่ 78 ปีที่ 24 ตุลาคม - ธันวาคม 2554.
- [3] สงครามชัย สีทองดี., 2556 “รายงานฉบับสมบูรณ์ การประเมินผลแผนหลักการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติปี 2553-2555” สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ (สพฉ.), 2556
- [4] สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ (สพฉ.), 2553., “คู่มือปฏิบัติการแพทย์ฉุกเฉินสำหรับชุดปฏิบัติการฉุกเฉินเบื้องต้น.” กรุงเทพฯ : พิมพ์ที่ N P Limited Partnership.
- [5] สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ (สพฉ.), 2554., “รายงานการศึกษาความคุ้มค่าการพัฒนาประสิทธิภาพของการปฏิบัติการฉุกเฉินอย่างทันท่วงที.”

- [6] สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ (สพฉ.), 2556., “รายงานสถานการณ์ระบบการแพทย์ฉุกเฉิน สิ้นปีงบประมาณ 2556.”
- [7] Luce Brotcome., Gilbert Laporte., Frederic Semet., “Ambulance location and relocation models.” *European Journal of Operational Research* 147 (2003) 451–463
- [8] R. Church and C. ReVelle. “The maximal covering location problem.” *Papers of the Regional Science Association*, 32:101–118, 1974
- [9] R. L. Church and K. L. Roberts., “Generalized coverage models and public facility location.” *Papers in Regional Science*, 53(1):117-135, 1983.



## ประวัติผู้เขียน

นายวโรต อินทศิริพงษ์ เกิดเมื่อวันที่ 7 เมษายน พ.ศ.2523 ที่จังหวัดนครราชสีมา เริ่มการศึกษาระดับประถมศึกษาที่โรงเรียนสุนทรารายณ์วิทยาและได้ย้ายมาเรียนต่อที่โรงเรียนวัดสระแก้วตอนชั้นประถมศึกษาที่ 4 จนสำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย ในระดับอุดมศึกษาสำเร็จปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมศาสตร์สาขาวิศวกรรมเครื่องกลจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในปีการศึกษา 2540 เมื่อจบการศึกษาได้เข้าร่วมงานในบริษัท ชัมมิต โอโตซีท จำกัด และบริษัท คอมโพเน็ท จำกัด จากนั้นได้มีความสนใจในการศึกษาต่อระดับปริญญาโทเพิ่มเติม

ในระหว่างการศึกษาในระดับปริญญาโท ได้มีผลงานตีพิมพ์จำนวน 1 บทความ โดยมีรายละเอียดปรากฏดังภาคผนวก ง.

